



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO



LUANA BRITO LIMA

MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA NO ASSENTAMENTO
JACARÉ-CURITUBA, SE COM O USO DA IMAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO
ESPACIAL

SÃO CRISTÓVÃO

2020

LUANA BRITO LIMA

**MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA NO ASSENTAMENTO
JACARÉ-CURITUBA, SE COM O USO DA IMAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO
ESPACIAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Milton Marques Fernandes

SÃO CRISTÓVÃO

2020

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

L732m Lima, Luana Brito
 Mapeamento do uso e cobertura da terra no assentamento
 Jacaré-Curituba, SE com o uso da imagem de alta resolução
 espacial / Luana Brito Lima ; orientador Milton Marques Fernandes.
 – São Cristóvão, SE, 2020.
 68 f. : il.

 Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)
 – Universidade Federal de Sergipe, 2020.

 1. Desenvolvimento sustentável. 2. Paisagens. 3. Florestas -
 Legislação. 4. Sensoriamento remoto. 5. Assentamento Jacaré-
 Curituba (Canidé do São Francisco, Poço Redondo, SE). I.
 Fernandes, Milton Marques, orient. II. Título.

CDU 502:911.373:528.8

LUANA BRITO LIMA

**USO E COBERTURA DA TERRA NO ASSENTAMENTO JACARÉ-CURITUBA, SE
COM O USO DA IMAGEM DO SATÉLITE GAOFEN-2**

Dissertação apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 27 de Fevereiro de 2020

Prof. Dr. Milton Marques Fernandes - Universidade Federal de Sergipe
Presidente-orientador

Drº Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas - Universidade Federal de Sergipe
Examinador Interno

Drª Márcia Rodrigues de Moura Fernandes – Secretaria de Desenvolvimento Urbano e
Sustentabilidade (SEDURBS/SERHMA)
Examinador Externo

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Luana Brito Lima
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Drº Milton Marques Fernandes - Orientador
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Drº Milton Marques Fernandes - Orientador
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Dedico este trabalho aos meus pais, Nilson e Lucineide por uma vida inteira de esforço e dedicação para a minha formação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Nilson e Maria Lucineide pelo esforço e trabalho árduo para me dar a melhor educação possível. Por sempre me apoiar e não medir esforços para a realização dos meus sonhos. Obrigada por todo carinho e amor que vocês dedicam a mim. Obrigada por serem os melhores pais do mundo. Nenhuma palavra expressará meu amor e gratidão. Amo vocês para a eternidade!

Agradeço a toda minha família pelo apoio, conselhos e exemplos que ajudaram a me formar como pessoa. Está tudo guardado no meu coração!

Agradeço ao meu marido, Dhiogo, por tornar toda essa trajetória mais leve, por ter feito minha estadia em Aracajú marcante para o resto da vida, por ser tão carinhoso, amigo e companheiro. Por aguentar meus dias ruins, perdoar minhas fraquezas e por ter sempre uma ter me levantando quando eu quis desistir. Eu te amo!

Agradeço a todos os meus amigos, dos mais próximos aos mais distantes, que sempre torceram por mim. Um agradecimento mais que especial a Betiane, melhor parceira acadêmica desde os primórdios da graduação. À minha amiga Aslani, que sempre esteve ao meu lado. E aos meus eternos companheiros de luta, amigos do Levante e Lute/Sou Frida para toda vida, de forma especial a Iracema (não há palavras que descreve importância dela na minha vida).

Agradeço aos professores do Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, por terem sido meus guias nessa caminhada. Em especial Maria José e Rosemeri, grandes exemplos de docentes que levo para a vida.

Agradeço à Daniela Pinheiro Bitencourt Ruiz-Esparza (*in memoriam*) pela orientação acadêmica e amizade por 15 meses inesquecíveis. Sempre me lembrarei dos seus ensinamentos sobre a ciência ambiental, dos momentos de alegria que passei ao seu lado e de como era grande sua coragem e vontade de viver. Eternamente estará no meu coração!

Agradeço ao meu orientador, Milton, por aceitar o desafio de me orientar em meio à adversidades e ter me acolhido com carinho. Obrigada pelas orientações, compartilhamentos de experiências, paciência e conselhos. Chegamos ao final da jornada, e sei que devo muito a esse grande mestre.

Agradeço ao colega Lucas, que tanto me ajudou nessa pesquisa, sempre com muita paciência. Jamais poderei agradecer à altura. Muitíssimo obrigada!

Agradeço a toda turma do mestrado 2018-2020, com os quais passei momentos maravilhosos de aprendizado, gargalhadas e comilanças (nossa marca). Em especial, a galera que compartilhou comigo as dores e alegrias de muitos trabalhos: Isabele, Valdelice, Kênia e André. Para sempre estarão no meu coração!

Agradeço a Diego e Michelle com quem compartilhei residência no primeiro ano do mestrado. Grata pela paciência, alegrias e os grandes aprendizados que obtive nessa experiência.

Agradeço a todos os alunos que passaram por minha vida. Obrigada por cada sorriso, palavra de carinho e incentivo. Obrigado por sempre elevarem a minha autoestima. Amo vocês, obrigada do fundo do meu coração!

Agradeço a Capes pela concessão da bolsa que me permitiu trilhar este caminho, e ao projeto Opará: Águas do São Francisco pelo imenso auxílio.

Desistir?

*Eu já pensei seriamente nisso,
mas nunca me levei realmente a sério.*

*É que tem mais chão nos meus olhos
do que cansaço nas minhas pernas,
mais esperança nos meus passos
do que tristeza nos meus ombros,
mais estrada no meu coração
do que medo na minha cabeça.*

Cora Coralina

RESUMO

A pesquisa foi realizada no assentamento rural Jacaré-Curituba, que abriga um perímetro irrigado e está inserido no território de dois municípios: Canindé do São Francisco e Poço Redondo, no alto sertão sergipano, ambos situados às margens do Rio São Francisco inserido no bioma Caatinga. A hipótese da pesquisa é que o assentamento passa por um processo de degradação ambiental, causando redução da vegetação nativa e que as Áreas de Preservação Permanente (APPs) não estão em conformidade com o Código Florestal Brasileiro. Tendo isso em vista, a seguinte pesquisa teve como objetivo: levantar o uso e cobertura da terra no perímetro irrigado Jacaré-Curituba e assim fornecer subsídios para políticas públicas de estímulo ao desenvolvimento sustentável. A metodologia foi realizada a partir dos seguintes processos: revisão de literatura; escolha de uma imagem do satélite alta resolução, o Gaofen-2; processamento da imagem com as técnicas de sensoriamento remoto no *software* QGis; e posteriormente, realização dos seguintes tipos de classificação: manual, não supervisionada, supervisionada interativa e supervisionada com o uso do algoritmo Máxima Verossimilhança (MaxVer). As classificações geraram mapas de uso da terra que foram avaliados segundo sua qualidade através da matriz de confusão que extraiu coeficiente *Kappa* e exatidão global. Dentre elas, a classificação MaxVer obteve maior *Kappa* 0,59. Os mapas de uso e cobertura da terra obtidos com a classificação manual e com MaxVer foram submetidas a um recorte que extraiu as Áreas de Proteção Permanente (APPs) do assentamento para avaliação da existência de conflitos em relação ao que é preconizado pelo Código Florestal (Lei 12.651/2012). Então, verificou-se que cerca de 50% do território deste se encontra coberto por vegetação nativa; já quanto às áreas de APP pôde-se concluir que 30% estão antropizadas, ou seja, em conflito com legislação. A partir desses resultados foi possível indicar estratégias para adequação do assentamento ao Código Florestal e promoção da sustentabilidade.

Palavras-Chave: Geoprocessamento. Paisagem. Desenvolvimento Sustentável. MaxVer. Código Florestal.

ABSTRACT

The research was carried out in the rural settlement of Jacaré-Curituba, which houses an irrigated perimeter and is inserted in the territory of two municipalities: Canindé de São Francisco and Poço Redondo, in the semi-arid region of Sergipe, both located on the banks of the São Francisco River and with a strong presence of the Caatinga biome. The research hypothesis is that the settlement goes through a process of environmental degradation, reduction of native vegetation and that the Permanent Preservation Areas (APPs) are not in compliance with the Brazilian Forest Code. With this in mind, the following research aimed to: raise or use land cover in the Jacaré-Curituba irrigated perimeter and thus use subsidies for public policies to encourage sustainable development. The methodology was carried out based on the following processes: literature review; choice of a high resolution satellite image, Gaofen-2; image processing with remote sensing techniques in the QGis software; and subsequently, the following types of classification were performed: manual, unsupervised, supervised interactive and supervised using the Maximum Likelihood algorithm (MaxVer). As the non-manual notifications generated land use maps that were consumed according to their quality through the confusion matrix that extracted the *Kappa* coefficient and the global accuracy. Among them, the MaxVer classification obtained a higher Kappa 0.59. The land use and land cover maps obtained with manual classification and MaxVer were subjected to a cut that extracted the Permanent Protection Areas (APPs) of the settlement to assess the existence of conflicts in relation to what is recommended by the Forest Code (Law 12.651 / 2012). Then, it was found that about 50% of its territory is covered by native vegetation; as for the areas of APP, it was concluded that 30% are anthropized, that is, in conflict with legislation. From these results it was possible to indicate strategies for adapting the settlement to the Forest Code and promoting sustainability.

Keywords: Geoprocessing. Landscape. Sustainable development. MaxVer. Forest Code.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema teórico de construção de nomenclatura de cobertura terrestre	32
Figura 2- Mapa de localização do Assentamento Jacaré-Curituba.....	36
Figura 3- Plantação de feijão em um lote do Assentamento Jacaré-Curituba	37
Figura 4- Foto de área de caatinga fechada no Assentamento Jacaré-Curituba	38
Figura 5- Etapas de levantamento e classificação do uso e da cobertura da Terra.....	39
Figura 6- Etapas de mapeamento digital.....	42
Figura 7- Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da classificação manual.	48
Figura 8- Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da classificação Não Supervisionada	50
Figura 9- Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da classificação supervisionada interativa.....	52
Figura 10- Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da classificação MaxVer.	54
Figura 11- Mapa de uso e cobertura da Terra nas APPS do Assentamento Jacaré-Curituba através da classificação manual.....	58
Figura 12- Mapa de uso e cobertura da Terra nas APPS do Assentamento Jacaré-Curituba através da classificação MaxVer	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Características do satélite Gaofen-2.....	40
Quadro 2- Desempenho de classificação do coeficiente Kappa.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Representação da matriz de confusão	44
Tabela 2- Distribuição dos tipos de uso da terra mapeados na classificação manual.	49
Tabela 3- Distribuição dos tipos de uso e cobertura da terra na classificação não supervisionada	51
Tabela 4- Distribuição dos tipos de uso e cobertura da terra na classificação supervisionada interativa.....	53
Tabela 5 - Distribuição dos tipos de uso da terra encontrados na classificação MaxVer	55
Tabela 6 - Comparativo da distribuição dos usos e ocupações da Terra em cada classificador.	56
Tabela 7- Comparação das técnicas de classificação com relação à sua confiabilidade.	57
Tabela 8- Comparação da porcentagem de cada classe do uso da terra nos dois métodos de classificação.....	60
Tabela 9-Matriz de confusão da classificação Não Supervisionada.....	67
Tabela 10- Matriz de confusão da classificação supervisionada interativa.	68
Tabela 11 - Matriz de confusão da classificação MaxVer.	69

LISTA DE SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CHEOS	<i>China High Resolution Earth Observation System</i>
CNSA	<i>China National Space Administration</i>
EMDAGRO-SE	Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
GPS	<i>Geographic Positioning System</i>
MDE	Modelo Digital De Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OSGEO	<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
SAGA	Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado
SEMARH-SE	Secretária de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
m	Metro
Km	Quilômetro
ha	Hectare
nm	Nanômetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	Planejamento ambiental, paisagem e uso e cobertura da terra	22
2.2	Geotecnologias nos estudos de análise ambiental.....	25
2.2.1	Sensoriamento Remoto.....	26
2.2.2	SIG	28
2.3	Características dos estudos de uso e cobertura da terra.....	30
2.4	Áreas de Preservação Permanente no Código Florestal Brasileiro.	33
2.5	Estado da arte.....	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1	Caracterização da área de estudo	35
3.2	Metodologia	38
3.2.1	Aquisição das imagens e pré-processamento.....	39
3.2.2	Trabalho de campo	41
3.2.3	Classificação e Pós-classificação	41
3.2.4	Validação	43
3.2.5	Edição e composição dos mapas temáticos	45
3.2.6	Comparação das técnicas de classificação.....	46
3.2.7	Uso da terra nas APPS.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	Classificação Manual.....	47
4.2	Classificação Não Supervisionada	49
4.3	Classificação Supervisionada Interativa.....	51

4.4	Classificação MaxVer.....	54
4.5	Comparação entre classificadores	56
4.6	USO E COBERTURA DA TERRA NAS APPS DO ASSENTAMENTO JACARÉ-CURITUBA	57
5	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS.....	62
	APÊNDICE A – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA	67
	APÊNDICE B – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA INTERATIVA.....	68
	APÊNDICE C – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO MAXVER.	69

1 INTRODUÇÃO

O crescimento das ações antrópicas sobre o meio natural provoca mudanças nos cenários ambientais de todo o planeta, gerando efeitos diversos na vida dos seres humanos. Esta é uma preocupação que ganhou destaque mundial, especialmente após a realização de eventos globais, que lançaram documentos com alertas e medidas de mitigação dos impactos ambientais antrópicos. Dentre eles, destacam-se a Conferência das Nações Unidas de Estocolmo em 1972, Rio 92 em 1992, Rio+10 em 2002 e a Rio +20 em 2012 (ONU, 2019).

Os grandes impactos das ações antrópicas nas configurações das paisagens podem ser investigados e monitorados pelo estudo do uso e da cobertura da terra, já que são utilizadas informações espaciais e temporais sobre as mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra que interferem nas paisagens. O mapeamento do uso e cobertura da terra é indispensável em qualquer estudo ambiental e para as ações de planejamento e gestão do espaço geográfico, pois registra a variabilidade e a peculiaridade de diferentes áreas de interesse, além do seu potencial de utilização (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011). O conhecimento de toda essa dinâmica é fundamental, visto que ele é gerador de subsídios para ações e políticas públicas de uso adequado do espaço (ALMEIDA FILHO; HAYAKAWA; PRADO, 2013).

Este tipo de mapeamento era realizado por civilizações mais antigas em escala reduzida e de forma rudimentar, mas teve seu potencial muito elevado a partir da criação e disseminação das imagens oriundas dos satélites de Sensoriamento Remoto. (Lang; Blaschke, 2009). Foram os avanços tecnológicos das últimas décadas que permitiram o surgimento das Geotecnologias, englobando o Sensoriamento Remoto, o Sistema de Informações Geográficas (SIG), os Sistemas de Posicionamento Global (GPS), dentre outros. (ROSA, 2013)

O Sensoriamento Remoto traz a possibilidade de obter uma grande quantidade de informações sobre uma determinada área, em intervalos de tempo com baixo custo e com boa qualidade, permitindo obter uma visão integrada do ambiente (NOVO, 2008). Já com o auxílio de um SIG, se pode explicar e visualizar relações espaciais e representá-las em mapas, além da possibilidade de desenvolver cenários espaciais e de avaliar intervenções (LANG; BLASCHKE, 2009).

Hoje, os dados de satélite fornecem uma grande quantidade de informações contínuas com altas frequências temporais e espaciais e estão sempre sendo utilizados pelas diversas disciplinas de especialistas como uma poderosa ferramenta para desenvolver seus métodos de pesquisas e suas aplicações no monitoramento das evoluções dinâmicas da Terra. Os

diferentes usos e cobertura da terra podem ser identificados e classificados com uma acurácia satisfatória pelos dados de satélites de alta resolução espacial (LIU, 2006).

No mundo globalizado, as atividades agrícolas têm passado por transformações, pois é necessário que elas ocorram de forma intensiva e com alta produtividade, para atender ao mercado cada vez mais competitivo. Logo, a adoção das tecnologias de irrigação se tornou muito importante para o meio rural, especialmente em regiões com irregularidade pluviométrica como o semiárido brasileiro. Considerado que a agricultura necessita de extensão territorial, o que ocasiona desmatamento e utiliza grandes quantidades de água na irrigação (além de outras interferências) fica evidente a importância de um olhar ambiental diferenciado para o setor agrícola (VANZELA, 2008).

Tendo em vista isso, o meio rural carece do desenvolvimento de estratégias reprodutivas e da implementação de políticas públicas direcionadas às suas especificidades, ancoradas nos princípios da sustentabilidade econômica, política, ambiental e cultural (ALMEIDA; SOARES; PEDROTTI, 2012). Neste quadro, as conversões das paisagens naturais para espaços de agricultura devem ser monitoradas e analisadas pelos métodos de detecção de alterações associadas ao uso e cobertura da terra, a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporais.

Essa discussão também se aplica ao estado de Sergipe, pois o mesmo possui 224 assentamentos rurais reconhecidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Cunha (2018) alerta para o fato de que os assentamentos não devem ser vistos apenas como mera divisão de terra, e passem a ser vistos como um instrumento social de organização das áreas rurais com múltiplas potencialidades. O autor afirma que o assentamento é o local da produção de alimentos, das relações sociais, e também a moradia de famílias que vivem em um ambiente rural com paisagens diversas que oferecem múltiplos serviços ecossistêmicos e contribuem para o bem estar humano.

A região semiárida do estado de Sergipe, no entanto, vem sofrendo com o desmatamento das áreas de caatinga, como indica um artigo de Fernandes *et al.* (2015): entre 1992 e 2013 houve um aumento de 26% do desmatamento nessa região, sendo que o maior impacto foi sobre algumas áreas de vegetação da caatinga, convertidas em pastagem. Este dado merece atenção, pois se trata de grave problema ambiental, que pode estar causando outros agravos como assoreamento de rios, desaparecimento de nascentes, redução da diversidade biológica, etc.

Diante deste cenário, para esta pesquisa foi definida a seguinte hipótese: o Assentamento Jacaré-Curituba passa por um processo de degradação ambiental, causando redução da vegetação nativa e que as Áreas de Preservação Permanente (APPs) não estão em conformidade com o Código Florestal Brasileiro.

Pergunta da Pesquisa

Como ocorre a distribuição espacial dos usos e coberturas da terra e os conflitos relacionados a estes no Assentamento Jacaré-Curituba?

Objetivo Geral

Mapear, através de diferentes classificadores, o uso e cobertura da terra no Assentamento Jacaré-Curituba e os conflitos existentes no território, fornecendo subsídios para políticas públicas de estímulo ao desenvolvimento sustentável.

Objetivos Específicos

Espacializar os tipos de uso e cobertura da terra no Assentamento Jacaré-Curituba;

Avaliar qual é a melhor classificação de imagem para esta área;

Identificar os conflitos relacionados às Áreas de Preservação Permanente (APPs) que estão no assentamento, em relação ao Código Florestal Brasileiro.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Planejamento ambiental, paisagem e uso e cobertura da terra

A maior ênfase dada à preocupação com as questões ambientais proporcionou um papel de destaque a elas nas pesquisas científicas; tornando-se perceptível que todas as ciências estão preocupadas com a natureza. Isso advém da tomada de consciência de que todas as atividades humanas têm a ver com o ambiente natural, partindo do pressuposto de que o homem também é natureza e precisa dos recursos naturais para viver, e por isso é necessário preservar, conservar, recuperar e explorar a natureza com a adoção de políticas que não considerem só o hoje, mas que protejam e projetem o futuro (ROSS, 2007).

Foi a partir da década de 1960, que o homem moderno passou a se preocupar com o meio ambiente com maior profundidade, pois começava a associar o uso racional dos recursos naturais às questões sociais, políticas, ecológicas e econômicas. O marco inicial foi o Clube

de Roma em 1968, reunião entre cientistas e representantes de vários países que elaboraram o documento “Limites do crescimento”, demarcando a discussão sobre uso dos recursos naturais e o futuro da humanidade. (ONU, 2019)

Este relatório impulsionou a organização de um evento que pode ser considerado um dos mais importantes do século XX, a conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em 1972 em Estocolmo/Suécia, que representou um marco das preocupações com as pressões antrópicas; antes desse advento, as questões ambientais ficavam restritas à academia e a grupos preservacionistas (OMENA, 2012).

A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAMD) foi criada em 1983, e culminou na elaboração do famoso documento “Nosso Futuro Comum” ou “Relatório Bruntland”, que propôs o atendimento das necessidades humanas do presente sem comprometer a disponibilidade de recursos naturais para as futuras gerações. Este documento apresentou o conceito de desenvolvimento sustentável: “aquele que satisfaz às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (BRUNTLAND, 1983, p.46). Esse relatório incitou a expansão da qualidade e do volume de legislações ambientais, e dos acordos internacionais que mapearam o perfil das alterações ambientais, bem como impulsionaram a mudança da política global (FEIL; SCHREIBER, 2017).

Já em 1992, a Rio-92 elaborou alguns documentos de compromissos ambientais dos países participantes. Dentre eles, se destaca a Agenda 21, que no seu capítulo 7 traz uma referência ao planejamento rural e urbano, recomendando a avaliação das ações humanas, do uso da terra e a ordenação dos espaços atendendo aos preceitos da sustentabilidade (CNUMAD, 1992).

O planejamento ambiental é feito a partir da adequação de ações e potencialidades, vocação local e a sua capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico de uma região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social. Ela indica que este instrumento deve prever e indicar mudanças no uso da terra e na exploração de fontes aceitáveis para as comunidades locais e regionais, ao mesmo tempo em que contemple medidas de proteção aos ecossistemas com pouca interferência humana. O planejamento é feito sob a lógica da potencialidade e fragilidade do meio, definindo e espacializando ocupações, ações e atividades de acordo com essas características. (SANTOS, 2004)

O planejamento ambiental não pode ser feito a partir de uma leitura estática do ambiente, deve, ao contrário, compreender os processos continuados que resultaram na apropriação dos recursos naturais. Por isso mesmo, o tempo é uma escala objetiva que deve ser levado em conta. A interpretação dos fenômenos do meio por intermédio do tempo visa responder o quê, onde, quando e por que estão ocorrendo mudanças, tanto para o meio natural como para o antropizado (SANTOS, 2004).

Sabe-se que com os avanços tecnológicos da sociedade, houve grandes alterações no uso e cobertura da terra, gerando assim, grandes impactos nas paisagens. As paisagens são, em grande parte, formadas e alteradas pelo homem. Em função disso, cada uma delas exerce um tipo de interface entre as esferas biótica, abiótica e humana. A expressão espacial da influência humana sobre a paisagem está na forma específica do uso da terra, tida como a integração entre os sistemas naturais e socioeconômicos. (LANG; BLASCHKE, 2009)

Dentro da ciência geográfica, o conceito de paisagem é um elemento fundamental para os estudos ambientais. Uma das definições mais aceitas, ainda nos dias atuais é a proposta por Bertrand (1972), ao defender um modelo de análise integrada da paisagem. Ele definiu a paisagem não como uma simples adição de elementos geográficos disparatados; mas sim, como, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. Ele ainda ressalta que não se trata somente da paisagem “natural”, mas da paisagem total, integrando todas as implicações da ação antrópica.

Sendo assim, a observação do desenvolvimento de paisagens no tempo é um importante pré-requisito para entender os processos que estão ocorrendo e para o prognóstico de tendências futuras. Para fins de planejamento, a documentação da condição atual e a detecção de mudanças são fundamentais, principalmente no que concerne à proteção da natureza, que por estar relacionada ao espaço tem uma grande necessidade de dados espaciais atualizados (LANG; BLASCHKE, 2009).

Como afirma Morgado (2016), o avanço da sociedade, através de seus diversos agentes, direta ou indiretamente, intervém nas paisagens e modificam o padrão de uso e cobertura da terra. Então, as mudanças nesse padrão, são consequências da interação entre fatores biofísicos, socioeconômicos e demográficos com efeito em ordem sistêmica, em que qualquer mudança tem grandes implicações em outras variáveis. Perceber tais interações

permite identificar quais as variáveis que mais contribuem para a definição dos usos e coberturas da terra e seus efeitos nos diversos graus.

A ausência de planejamento adequado para o uso da terra dificulta as ações de mitigação dos fenômenos de aumento da pressão construtiva sobre os recursos naturais e culturais. Isso causa efeitos na descaracterização da paisagem, na diminuição da diversidade biológica, nas alterações do fluxo de massa entre solo e atmosfera, na organização do território, na vulnerabilidade das comunidades às alterações climáticas, etc. (IBID, 2016).

Ao tratar da questão das atividades agropecuárias, é notório que o ser humano, ao longo do tempo, vem buscando meios e formas de melhorar as técnicas de condução dessas práticas, e isso tem causado impactos ambientais que geram a degradação dos ambientes, e se refletem nas alterações das paisagens. Nesse momento, é necessário destacar que segundo Sanchez (2013) o impacto ambiental é a “alteração da qualidade ambiental originador da modificação dos processos naturais ou sociais provocadas por ação humana” (p.20); e que a degradação ambiental pode ser conceituada como “qualquer alteração adversa dos processos, funções ou comportamentos ambientais, como uma alteração adversa da qualidade ambiental.” (SANCHEZ, 2013, p.462).

2.2 Geotecnologias nos estudos de análise ambiental

Como as características estruturais da paisagem são observáveis, descritíveis e quantificáveis esses impactos podem ser mitigados a partir do monitoramento do uso e da cobertura da terra utilizando-se informações espaço-temporais das modificações ocorridas na paisagem. (LANG; BLASCHKE, 2009).

Então, no que se refere ao monitoramento do uso da terra, o geoprocessamento figura como uma ferramenta poderosa para tal função. Quanto a isso, Moreira (2011, p. 202) define: “geoprocessamento é o conjunto de tecnologias voltadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais para um objeto específico, ou seja, uma informação atrelada a um atributo geográfico.”. As atividades do geoprocessamento são executadas por um sistema específico para cada aplicação, ou seja, é a aplicação de técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de fenômenos geograficamente identificados ou para extrair informações deles.

O uso de ferramentas de geoprocessamento é relevante na compreensão da dinâmica ambiental dos espaços. Destacam-se entre essas ferramentas, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto (SR). O SR tem como função primordial fornecer dados precisos e de maneira rápida sobre a área de estudo, enquanto o SIG tem importância principal no armazenamento e no cruzamento de dados sobre as variáveis presentes no espaço (LEITE *et al.*, 2011).

2.2.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é uma das ferramentas utilizadas para fazer o levantamento e reconhecimento da cobertura dos solos. Essa tecnologia é definida por Rosa (2009) como a forma para obter dados de um objeto sem contato direto com o mesmo, por meio da radiação eletromagnética provocada por fontes naturais ou artificiais.

Sensoriamento remoto é definido por Liu (2006), como:

“uma técnica de aquisição de aplicação das informações sobre um objeto sem nenhum contato físico com ele. Os sensores satélites captam as energias eletromagnéticas da superfície do planeta sem contato com ela. A informação é adquirida pela detecção e medição das mudanças que o objeto impõe ao campo na sua redondeza, esse sinal pode incluir um campo eletromagnético emitido e/ou refletido, ondas acústicas refletidas e/ou perturbadas pela presença do objeto. Geralmente a aquisição de informações é baseada na captação dos sinais eletromagnéticos que cobrem o espectro inteiro das ondas eletromagnéticas desde a onda longa de rádio passando pelas micro-ondas, submilímetro, infravermelho próximo, visível, ultravioleta, raios x até raios gama”. (p.4-5)

Para Novo (2008) sensoriamento remoto é parte da aquisição de informações sobre objetos por meio da detecção e mensuração de mudanças que estas impõem ao campo eletromagnético, e pode ser definido como:

“a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos, e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e suas substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.” (p.4).

A grande vantagem do uso de sensoriamento remoto orbital é que essas informações são obtidas periodicamente, de modo que, com frequência, é possível fazer uma adequação dos resultados obtidos em datas anteriores. Outra vantagem se refere à visão ampla da área de estudo e a maior facilidade de se fazer o levantamento e acompanhamento do uso da terra em áreas de difícil acesso (MOREIRA, 2011).

Para Florenzano (2011), sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens – e outros tipos de dados – da superfície terrestre, por meio de captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. Isso ocorre porque os objetos da superfície terrestre, como vegetação, água e solo, refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com as suas características biofísicas e químicas. As imagens obtidas por sensoriamento remoto possibilitam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (em diferentes datas) de diversas áreas da superfície terrestre, ou seja, permitem ampliar nossa visão espectral (para além da luz do visível), espacial e temporal dos ambientes terrestres.

As principais atuações do Sensoriamento Remoto estão ligadas ao monitoramento dinâmico de usos da terra e evoluções de biodiversidade, recursos naturais, clima, estudos das mudanças climáticas, precipitação, mapeamento topográfico, manejo dos recursos hídricos da superfície, exploração dos recursos hídricos do subsolo, inventário e monitoramento da produção primária das florestas e pastagens, monitoramento das ocorrências dos eventos catastróficos, monitoramento de queimadas, monitoramento da degradação e erosão do solo, dentre outros (LIU, 2006).

Gallego (2004) afirma que as imagens geradas pelos satélites podem ser usadas para auxiliar nas estimativas das áreas de usos da terra pelos seguintes procedimentos:

- a) Identificação, classificação, delineamento e estimativa das áreas ocupadas pelas várias classes de usos das terras baseadas nas imagens; estes dados são usados para treinamento no processo de classificação, validação dos métodos de classificação e análise dos pixels de mistura.
- b) As imagens de satélites podem ajudar no levantamento das amostras de várias maneiras, como por exemplo na definição das unidades de amostras, estratificação das amostras, documentação gráfica para o levantamento em campo e controle de qualidade da coleta de dados em campo.
- c) As técnicas de regressão estatística e os softwares de SIG são também aplicados no monitoramento e prevenção das evoluções espaciais e temporais da superfície, combinando as informações de imagens de satélites com as obtidas por meio das observações em campo.

Então, os satélites de observação da Terra informam de modo detalhado e rápido o que está ocorrendo em cada parte dela, através das suas lentes em vários comprimentos de ondas. Cada satélite possui sensores capazes de captar várias faixas de energia de onda

eletromagnética, que são resultantes da radiação solar refletida e emitida pelos objetos presentes na superfície terrestre, e por isso, se faz “necessário entender o comportamento dessa energia quando ela passa pela camada atmosférica e depois é refletida pela superfície terrestre” (LIU, 2006, p.5).

Assim, cada objeto emite e reflete energias específicas no espectro eletromagnético que são capturadas pelos sensores remotos; e as técnicas de SR são desenvolvidas para captar cada uma delas. (LIU, 2006) Nesse contexto, todo objeto na superfície terrestre possui duas assinaturas: uma é a espacial, que se baseia na análise da textura espacial das imagens; e a outra (mais importante) é a assinatura espectral, que de acordo com o IBGE (2001) é um padrão para identificação dos alvos adquiridos pelo registro gráfico da reflectância ao longo do espectro eletromagnético, que fornece uma curva que descreve as propriedades radielétricas de um determinado material.

Para avaliar a capacidade dos sensores a bordo dos diferentes tipos de satélite são aplicados dois critérios principais: resolução espectral e resolução espacial. Resolução espectral é definida como “a capacidade de um sensor de espectroradiômetro de medir a reflectância de uma determinada faixa de comprimento eletromagnética.” (LIU, 2006, p.36), ou seja, “a habilidade de separar coisas espectralmente semelhantes” (IBGE, 2001, p.19). Por isso, quanto maior a quantidade de bandas, maior será a resolução espectral. A resolução espacial é definida como “a capacidade que um sensor a bordo de um satélite apresenta na identificação de um alvo-padrão na superfície terrestre” (LIU, 2006, p.37), portanto, como “a capacidade de distinguir objetos que são próximos espacialmente.” (IBGE, 2001, p.18). Assim, quanto menor for o objeto possível de ser identificado na imagem, maior será a resolução espacial.

Em suma, a distribuição das atividades no espaço geográfico é expressa por mapas, elaborados a partir de técnicas de interpretação de imagens de sensores remotos, sendo modelados e trabalhados em um SIG. Porém, Santos (2004) alerta que para interpretar os dados é preciso considerar os mapeamentos que foram realizados anteriormente na área estudada, além dos documentos bibliográficos que relatam a história da região, os censos oficiais, relatórios de órgãos locais, bem como planos e projetos propostos para a área.

2.2.2 SIG

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um

“modelo matemático dinâmico construído com um banco de dados digitais gerenciados para facilitar a atualização e ampliação dos dados georreferenciados de infinitas camadas de informação no planejamento e na otimização de uma determinada tarefa.[...] O SIG é empregado na integração e análise de fontes dispersas, como imagens digitais de satélites, mapas digitais de usos e tipos de solo, topográficos, hidrologias, vegetação, floras e faunas, cartas climatológicas, censos socioeconômicos e outros. Para alcançar seu objetivo de aplicações diversas, a construção de um banco de dados digitais georreferenciados é crucial. Os processos incluem a escolha, obtenção e armazenagem de dados de modo padronizado, em escalas compatíveis para fornecer e facilitar aos usuários a utilização, recuperação e manipulação das várias camadas de dados para atender suas aplicações específicas” (LIU, 2006, p.811).

O SIG é composto por vários instrumentos da geotecnologia, e permite tratar os dados de forma individual ou coletiva. Também possui ferramentas que conseguem responder perguntas sobre a ocorrência de fenômenos na área de interesse; outra função sua é estabelecer relações espaciais entre elementos gráficos para se realizar estudos de lugares, características e propriedades (IBGE, 2013).

O SIG abarca sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos que estão representados numa projeção cartográfica (CÂMARA *et al.*, 2004), além de ser capaz de processar dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), com ênfase em análise espacial e modelagem da superfície terrestre (MOREIRA, 2011).

A análise espacial em SIG objetiva, fundamentalmente, gerar novas informações, o que se dá por meio da manipulação e integração com camadas de dados já existentes. Essa nova geração de informações serve para apoiar decisões acerca da área (LANG; BLASCHKE, 2009).

Os SIG's são eficientes para confronto de cenários ambientais, porque são dotados da capacidade de comparar séries de dados temporais. A detecção de mudanças se dá pela sobreposição de imagens ou mapas de épocas distintas, nas quais se ressaltam as diferenças que são reclassificadas para extrair as alterações consideradas mais importantes para o objeto de estudo (SANTOS, 2004).

Assim, o SIG é fundamental nas pesquisas de uso e cobertura da terra, pela sua característica de reunir métodos que permitem trabalhar os dados espaciais de diversas formas, e proporcionar o conhecimento da estrutura dos entes espaciais (a base cartográfica e os elementos temáticos como o uso da terra e posição de cada um no espaço.). Além disso, o

SIG permite a integração entre atributos que podem ser pesquisados em diferentes temas, alimentando o pesquisador de novas informações (IBGE, 2013).

Dentre as técnicas de geoprocessamento disponíveis por meio do SIG, o processo de classificação de imagens de satélite ganha destaque para uma base de produção cartográfica que demonstra ser muito eficaz na escala regional por suas qualidades sinóticas (RUIZ-SPARZA, 2014). Porém, Santos (2004) afirma que as classes de uso e cobertura da terra variam de acordo com os objetivos da área de estudo. Assim, a seleção e a ênfase dada a cada classe dependem das características de cada local.

A classificação da imagem pode ser dividida em duas técnicas. Para Novo (2008), a primeira técnica é a classificação não supervisionada, na qual os pixels de uma imagem são alocados em classes, sem que o usuário tenha conhecimento de sua existência; posteriormente, estas são analisadas e comparadas com os dados de campo. A segunda é a classificação supervisionada, onde devem ser fornecidas a priori, amostras (áreas de treinamento) das classes espectralmente representativas. Nesse tipo de classificação, o pesquisador identifica pixels (amostras) pertencentes às classes de interesse e deixa para o algoritmo utilizado – com base em uma regra estatística preestabelecida - a tarefa de localizar os demais pixels pertencentes a essas classes. A classificação supervisionada é a mais decisiva no processo, porque é implementada com base no conhecimento do usuário da área, que, a priori, seleciona as classes de interesse e fornece ao programa os padrões espectrais típicos destas classes.

Dessa forma, as pesquisas sobre o uso da terra em um SIG oferecem subsídios às decisões de forma mais eficiente e configuram-se como uma ferramenta de grande valor para a gestão do território, auxiliando sobre quais as opções a serem tomadas sobre determinado espaço (IBGE, 2013).

2.3 Características dos estudos de uso e cobertura da terra

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) elaborou um manual técnico para o mapeamento de uso e cobertura da terra. Nesse documento, o IBGE (2013) pontua que este tipo de estudo serve para indicar a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura da terra; portanto, ela envolve pesquisas bibliográficas e de campo, objetivando a interpretação, análise e registro de

observações da paisagem que são pertinentes aos tipos de uso e cobertura da terra, para classificá-la e espacializá-la por meio de mapas.

Os levantamentos de cobertura e uso da terra são de grande utilidade para o conhecimento atualizado sobre o espaço, sendo assim, uma importante ferramenta de planejamento e tomada de decisão. Além disso, é um instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, contribuindo na identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade, seja a nível global, regional ou local (JESUS; POELKING; COUTINHO; 2017).

Os avanços da tecnologia espacial proporcionaram um marco na nova era dos estudos de uso da terra. A mais importante referência internacional do marco entre os estudos do uso da terra veio do trabalho da Comissão Mista para Informação e Classificação do Uso da Terra, formada no início de 1971, tendo em vista a observação do conjunto das tendências e dos padrões de uso da terra e revestimento do solo, bem como dos valores ambientais. O objetivo da Comissão foi desenvolver um sistema nacional de classificação que fosse receptivo às entradas de dados, tanto das fontes convencionais quanto dos sensores remotos, localizados em aviões de grande altitude e em plataformas satélites. Então, em 1976, o Departamento do Interior dos Estados Unidos publicou uma revisão do sistema de classificação de uso da terra de autoria de Anderson *et al.* (1976), conforme apresentado na *U.S. Geological Survey Circular 671*. Essa publicação também se tornou uma importante referência para os estudos de Uso da Terra no Brasil (IBGE, 2013).

No Brasil, os primeiros trabalhos se iniciaram no final da década de 30, a partir dos estudos sobre colonização. Da década de 50 a de 60 passam a predominar os estudos sobre padrões espaciais, analisados com base na produtividade. Já no final dessa década, foram iniciados os estudos da regionalização do uso da terra, associada com o mapeamento, nos quais, se destaca o trabalho de Keller (1969). De acordo com ele, “somente o registro dos fatos em mapas poderá mostrar as áreas e a distribuição real das diferentes formas de uso do espaço.” (p.151).

A cobertura da terra está associada com os tipos de cobertura natural ou artificial da superfície terrestre, ou seja, o que as imagens de satélite conseguem capturar de fato. E o uso da terra está, geralmente, associado às atividades que o homem conduz em uma extensão da terra, uma série de operações desenvolvidas pelos homens com a intenção de obter produtos e benefícios por meio de um recurso natural. Portanto, o uso da terra está envolvido com uma função socioeconômica. Cabe ao analista buscar as associações dos dados obtidos para derivar

informações sobre as atividades de uso, a partir do que é basicamente informação de cobertura da terra (FILHO; MENESES; SANO, 2007).

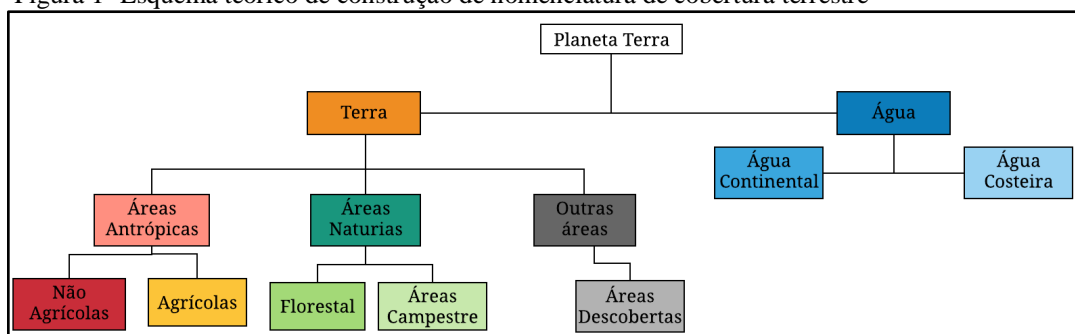
“Geralmente as atividades humanas estão diretamente relacionadas com o tipo de revestimento do solo, seja ele florestal, agrícola, residencial ou industrial. Dados de sensoriamento remoto, como fotografias aéreas e imagens de satélite, podem ser correlacionados com a cobertura da terra e usados para mapear o tema. Entretanto, como o sensor remoto não registra a atividade diretamente, mas características da superfície da terra que retratam o revestimento do solo, as atividades de uso da terra correlacionadas à cobertura, precisam ser interpretadas a partir de modelos, tonalidades, texturas, formas, arranjos espaciais das atividades e localização no terreno” (IBGE, 2013, p.44).

É por isso que o analista, ao ter o conhecimento sobre a dinâmica de uso e cobertura, possui uma ferramenta fundamental para entender o comportamento do espaço geográfico. Por conseguinte, ele pode promover medidas capazes de mitigar os efeitos da ação antrópica no meio ambiente.

A unidade de mapeamento é fundamental nos estudos de uso e cobertura da terra, pois ela é a representação da homogeneidade e da diversidade de objetos que recobrem a superfície da terra. Ela corresponde a uma cobertura considerada homogênea (floresta, campestre, água, etc.) ou a uma combinação de áreas homogêneas, que em suas variações representam a cobertura da superfície terrestre. Caracteriza-se por ser claramente distinguível das unidades de seu entorno e por representar uma significativa porção de terra, em uma dada escala. Por isso, as unidades de mapeamento podem ter limites nítidos ou difusos entre si (IBGE, 2013).

A construção das nomenclaturas dos tipos de uso e cobertura da terra necessita estar adequada às características do território a ser mapeado, com a escala da necessidade dos usuários dos mapas; e também precisa ter uma linguagem clara e precisa. A figura 1 demonstra um esquema teórico de construção dessa nomenclatura.

Figura 1- Esquema teórico de construção de nomenclatura de cobertura terrestre



Fonte: Heymann (1994)

Por fim, é preciso destacar que o uso e cobertura das terras é um tema básico e de grande importância para planejamento ambiental, porque retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre elementos naturais. As formas de uso e cobertura são identificadas, espacializadas, caracterizadas e quantificadas, sendo que as informações devem descrever não só a situação atual, mas as mudanças recentes e o histórico de cobertura da área de estudo (SANTOS, 2004).

2.4 Áreas de Preservação Permanente no Código Florestal Brasileiro.

O Código Florestal Brasileiro criado em 1965 e alterado em 2012 pela lei 12.651, estabeleceu a preservação de vegetação nativa nas margens de rios e lagos, áreas definidas como Áreas de Preservação Permanente (APP). Segundo o Código Florestal Brasileiro, podem ser definidas como APPs, áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Esta legislação estabeleceu critérios métricos para a demarcação das APPs, tanto em zona urbana como nas zonas rurais. Por exemplo, define como APP as faixas marginais dos cursos d'água, dos lagos/lagoas naturais e das nascentes. O tamanho da APP varia de acordo com a extensão do curso d'água e dos lagos; já para as nascentes, o tamanho mínimo ficou estabelecido em 50 metros (BRASIL, 2012).

2.5 Estado da arte

Em nível nacional é importante destacar o trabalho que vem sendo feito pelo MAPBIOMAS, um Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Esta é uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação e que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine* para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil. Dentro dos seus estudos, o MAPBIOMAS já identificou os percentuais de

redução dos biomas brasileiros, e concluiu que o bioma caatinga, no qual o PIJC está incluído, foi reduzido em 8% de 1985 até 2018.

No cenário sergipano, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) produziu em 2011, um relatório técnico sobre o uso da terra em Sergipe. Ele dividiu o estado em oito territórios, sendo que o PIJC se encontra no território do alto sertão. O relatório apontou que:

“Ao avaliar a espacialização do uso neste Território, observa-se que dominam as áreas de pastagens, embora essa região se constitua como uma das mais importantes áreas agrícolas do estado em função do grande quantitativo de assentamentos, de projetos de irrigação e da área ocupada com culturas temporárias de sequeiro. Uma das características marcantes neste território, além da semiaridez, são os assentamentos rurais do INCRA. Nos projetos Jacaré - Curituba III, IV, V, VI e VII, localizados nos Municípios de Canindé do São Francisco e Poço Redondo, a agricultura é familiar, com cultivos diversificados de graníferas e cerealíferas, além de cultivos irrigados de goiaba, banana e olerícolas, como o quiabo, que durante muito tempo foi o carro-chefe desses agricultores. Esse produto ainda mantém uma tradição na região que é o Festival do Quiabo, realizado sempre no mês de setembro.” (IBGE, 2011, p.159)

No âmbito regional, o artigo é “Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe”, de Fernandes *et al.*, (2015) publicado na ‘Revista Floresta e Ambiente’, os autores utilizaram imagens do *Landsat 5* e *Landsat 8* e após a interpretação dos resultados chegaram à seguinte conclusão:

“A região semiárida de Sergipe sofreu intensos processos de antropização no período desta análise, principalmente entre os anos de 2003 a 2013. A vegetação da caatinga foi a classe mais impactada, sendo a maior parte convertida em pastagens. O estudo da dinâmica da cobertura florestal evidenciou também a redução da regeneração florestal na região semiárida da Caatinga do Sergipe entre 2003 e 2013.” (FERNANDES *et al.*, 2015, p. 481)

Ao tratar-se da área de estudo, pode se destacar uma dissertação sobre a salinização do solo no Assentamento Jacaré-Curituba em que a autora faz a seguinte conclusão: “encontra-se com solos salinos, salinos sódicos e sódicos, além de uma degradação do solo, bem como a redução da vegetação nativa na área. Pode-se concluir que o perímetro encontra-se em um processo de salinização avançado e a falta de manejo adequado acelera o processo.” (SANTOS, 2015, p.10).

Outro artigo científico intitulado “Análise multitemporal do desmatamento nos municípios de Canindé do São Francisco e Poço Redondo, SE”, de autoria de Bitencourt *et al.* (2017) foi considerado como importante para conhecer os problemas ambientais dos

municípios no qual o Perímetro Irrigado Jacaré-Curituba está localizado. Este teve como objetivo:

“realizar análises multitemporais da cobertura vegetal (1980, 1990 e 2000) nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo, com destaque para o Monumento Natural (MONA) Grotta do Angico. Foram mapeadas seis classes: Caatinga arbórea, Caatinga arbórea-arbustiva, Caatinga arbustiva, Pasto, Hidrografia e Nuvens. O resultado mostrou o decréscimo das classes de Caatinga, como a variação da Caatinga arbórea entre os anos de 1980, 1990 e 2000 que corresponderam as porcentagens de 6,12, 0,71 e 2,81 respectivamente. Enquanto houve o consequente aumento da classe de pastagem entre as referidas décadas, com 38,46, 52,33 e 69,65 respectivamente. A mesma lógica foi constatada dentro do MONA Grotta do Angico.” (BITENCOURT *et al.*, 2017, p.1)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

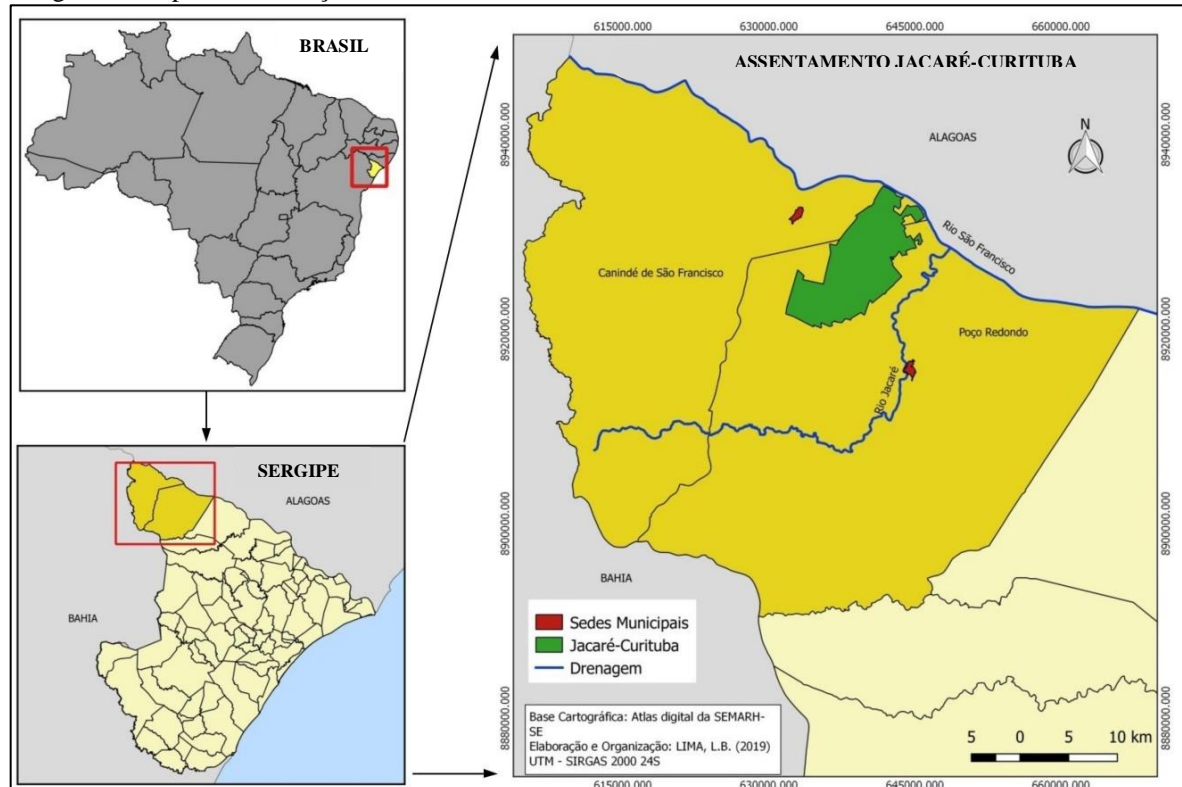
O estudo está localizado no Assentamento Jacaré-Curituba está localizado em 9°42' S de latitude e 37°44' W de longitude. Ocupando áreas territoriais de dois municípios do alto sertão sergipano: Canindé do São Francisco e Poço Redondo. A região está localizada no extremo noroeste de Sergipe, na divisa com os estados de Alagoas e Bahia. Inserida no clima semiárido e no bioma Caatinga, que tem como características, altas temperaturas, chuvas irregulares e vegetação de porte arbórea e arbustiva, hiperxerofila, com espinhos e poucas folhas por estarem adaptadas ao clima seco. Segundo classificação Köppen, a região possui clima do tipo Bssh, clima muito quente, semiárido, com 7 a 8 meses seco. Temperatura média 18° e precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm. Os tipos de solos predominantes são Luvisolos, Planossolos, Vertissolos e Neossolos (CODEVASF, 2019).

Ambos os municípios são percorridos, ao norte, pelo Rio São Francisco - drenagem principal de uma das maiores bacias hidrográficas brasileiras e um dos poucos rios perenes do semiárido nordestino. A figura 2 apresenta o mapa de localização do Assentamento Jacaré-Curituba.

O Assentamento de Reforma Agrária Jacaré-Curituba, onde está inserido o Perímetro Irrigado com o mesmo nome do assentamento, foi criado em 19 de dezembro de 1997, possuindo 5.005 ha, com a finalidade de ser ocupado pelos militantes do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST). Nesse momento, se inicia a irrigação dentro do assentamento, mas sem direcionamento aos lotes. (SANTOS, 2015).

A criação do Perímetro Irrigado Jacaré-Curituba só ocorreu após as portarias nº 430 de 26/05/2006 e nº 1.352 de 05/09/2007, por iniciativa da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF, com o propósito de aumentar a produtividade dos agricultores assentados, que passariam a contar com 1.920 áreas de irrigação para agricultura e 1.718 para pecuária (CODEVASF, 2013).

Figura 2- Mapa de localização do Assentamento Jacaré-Curituba



Fonte: Elaboração da autora (2019).

O território do assentamento está localizado em uma área que apresenta características edafoclimáticas pertencentes ao semiárido nordestino do Brasil. Possui um relevo dissecado e irregular, com afloramentos rochosos em alguns pontos. Algumas formações residuais e dissecadas são denominadas de pediplano sertanejo e de inselbergs, que são blocos rochosos provenientes do desgaste natural, formados de rochas cristalinas de origem intrusiva e metamórfica. Os cultivos produzidos são diversificados; variam entre leguminosas, hortaliças e frutíferas, tendo como principais plantações as de quiabo, mandioca, milho, feijão, girassol, goiaba, acerola, maracujá, alface, melancia e abóbora (SANTOS, 2015). A figura 3 é o registro fotográfico de uma das plantações do assentamento.

Figura 3- Plantação de feijão em um lote do Assentamento Jacaré-Curituba.



Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, em Dezembro de 2018.

O Jacaré-Curituba é fruto de uma longa história do MST em Sergipe. De 1985 até 1999 ocorreram mais de 45 ocupações do MST no estado, entre elas a que deu origem ao Assentamento Jacaré-Curituba. No início da década de 1990, a região do alto sertão sergipano ganhou destaque nos meios de comunicação por causa da construção da Hidroelétrica de Xingó, pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), e da implantação do Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé do São Francisco. É nesse contexto que o MST trava diversas lutas na região, inclusive com ocupações da sede do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra). (MARQUES; COSTA, 2016).

Em 1996, os camponeses ocuparam a Fazenda Cuiabá, e ao mesmo tempo iniciaram as negociações com o Incra pela desapropriação. Em seguida, montaram um grande acampamento na rodovia que liga Poço Redondo a Canindé do São Francisco, promovendo a interceptação do trânsito, enquanto as negociações ocorriam. O processo de desapropriação durou até 1999, sendo que as seis primeiras glebas foram desapropriadas em 1997, mais uma em 1998 e a última em 1999 (MARQUES; COSTA, 2016). Segundo o INCRA (2019), em

2015, o assentamento contava com 36 agrovilas, com aproximadamente 20 famílias em cada uma.

Para Santos (2015) os assentados passaram a desenvolver a agricultura por meio de uma base familiar; e com a implementação do perímetro irrigado Jacaré-Curituba o assentamento se tornou um dos mais importantes territórios agrícolas de policultivo do estado de Sergipe. Contudo, cabe destacar que os agricultores enfrentam dificuldades no manejo, em função da ausência de assistência técnica e de capacitação dos camponeses por parte do Incra, CODEVASF e Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (Emdagro). Isso vem promovendo o mau uso da irrigação, com práticas agrícolas inadequadas, que causam problemas ambientais, reflexos da forma como a terra vem sendo utilizada e ocupada. Na figura 4, é possível visualizar uma área de caatinga fechada dentro do Assentamento Jacaré-Curituba.

Figura 4- Foto de área de caatinga fechada no Assentamento Jacaré-Curituba



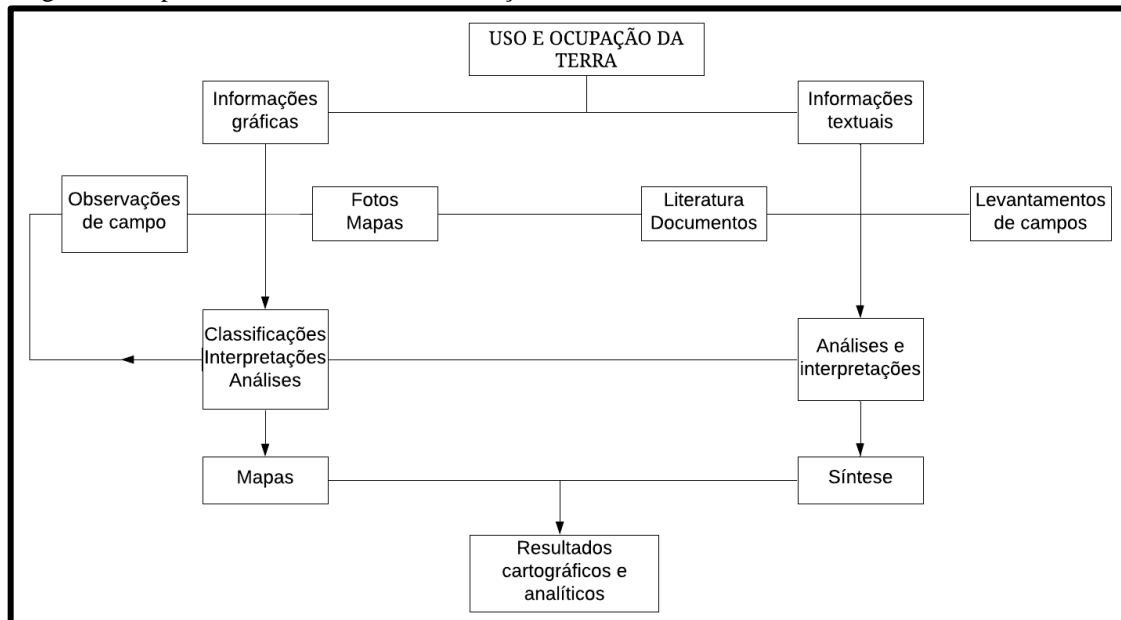
Fonte: Registro fotográfico realizado durante a pesquisa, em Dezembro de 2018.

3.2 Metodologia

A seguir, estão descritos os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa. A metodologia para levantamento e uso e cobertura da terra de maneira geral é a clássica, adotada na maioria dos trabalhos dessa linha, com poucas alterações feitas de acordo com a

realidade analisada. O IBGE, no seu Manual Técnico de Uso e Cobertura da Terra, sistematizou essa metodologia e organizou um guia para os levantamentos a serem feitos no território brasileiro. Esse documento foi utilizado como uma das bases para a realização da pesquisa; as etapas são apresentadas de forma resumida no esquema visto na figura 5.

Figura 5- Etapas de levantamento e classificação do uso e da cobertura da Terra.



Fonte: elaborado pela autora, adaptado de IBGE (2013).

3.2.1 Aquisição das imagens e pré-processamento

Após o levantamento das informações e dados necessários sobre a área de estudo, foram adquiridas as imagens do quadrante correspondente à área do Assentamento Jacaré-Curituba do satélite escolhido. O principal fator levado em consideração na escolha do satélite foi a presença de um sensor de alta resolução espacial, preferencialmente menor do que um metro. Dentre a gama de satélites disponíveis nessa configuração, e levando em conta também as possibilidades de orçamento, se escolheu o satélite Gaofen-2.

O Gaofen-2 é a continuidade da missão Gaofen-1; ambos fazem parte do programa de satélites de alta resolução do *China National Space Administration* (CNSA), e também do *China High Resolution Earth Observation System* (CHEOS). O objetivo deste programa é promover cartografia de alta precisão para estudos de uso e cobertura da terra, prevenção e mitigação de desastres naturais, e estimativas do setor agrícolas e de florestas. No quadro 1, são descritas algumas das características do Gaofen-2.

Quadro 1- Características do satélite Gaofen-2.

DISPONIBILIDADE	A partir de agosto de 2014
ÓRBITA	Circular, heliosíncrona, descendente, 97.9° de inclinação, período de 98.79 minutos e altitude de 631 km.
BANDAS DO SENSOR	Pancromática: 450-900 nm /4 multiespectral: Vermelho: 450-520 nm Verde: 520-590 nm Azul: 630-690 nm Near-IR: 770-890 nm
RESOLUÇÃO ESPACIAL	Pancromático P&B: 0,8 m; Multiespectral: 3,2 m. PSM: 0,8 m colorido. Em nadir.
SENSIBILIDADE ESPECTRAL	Pancromático: 450-900 nm; Multiespectral: 450–520 nm (Azul), 520–590 nm (Verde), 630–690 nm (Vermelho) e 770–890 nm (Infravermelho próximo)
RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA–QUANTIFICAÇÃO	12 bits por pixel.
TAMANHO DE CENA BÁSICA	22,5 x 22,5 km.
LARGURA DE FAIXA IMAGEADA	45 km em nadir.
CAPACIDADE DE VISADA LATERAL	Sim, +/- 23° fora do nadir.
PRECISÃO DE LOCALIZAÇÃO	50 m de erro circular medido em 90% dos casos, sem uso de pontos de controle.
FREQUÊNCIA DE REVISITA	A cada 5 dias.

Fonte: Tecterra (2019). Disponível em: <<https://tecterra.com.br>>. Acesso em: 10 jan. 2019

Uma das vantagens de se utilizar o Gaofen-2 é que ele fornece imagens já com o pré-processamento feito. Para Novo (2008), pré-processamento é “o conjunto de técnicas e métodos que permitem a correção dos erros inerentes ao processo de aquisição dos dados”. Uma das principais correções nessa etapa é a atmosférica, visto que o efeito das interferências atmosféricas nas reflectâncias das faixas do visível e infravermelho próximo alcança uma variação máxima de 7% em reflectância em ambas as bandas (LIU, 2006).

A seleção das imagens foi efetuada a partir da disponibilidade de imagens com alta visibilidade, ou seja, com poucas nuvens que acabam atrapalhando o processamento digital. Para a realização deste trabalho, selecionou-se uma imagem capturada no dia 16 de março de 2018.

3.2.2 Trabalho de campo

O passo seguinte foi a realização de um trabalho de campo, etapa fundamental, pois de acordo com Florenzano (2011), o conhecimento prévio da área geográfica facilita o processo de interpretação e aumenta o potencial de leitura de uma imagem. Sendo assim, ele é praticamente indispensável ao estudo e mapeamento de ambientes com o uso de imagens de sensores remotos; a partir de seu uso, o resultado da interpretação se torna mais confiável.

O trabalho de campo ocorreu no mês de dezembro de 2018, com o objetivo de reconhecimento da área estudada, o assentamento Jacaré-Curituba. Neste momento foram observadas e registradas suas principais características ambientais, os principais cultivos e manejos realizados pelos agricultores.

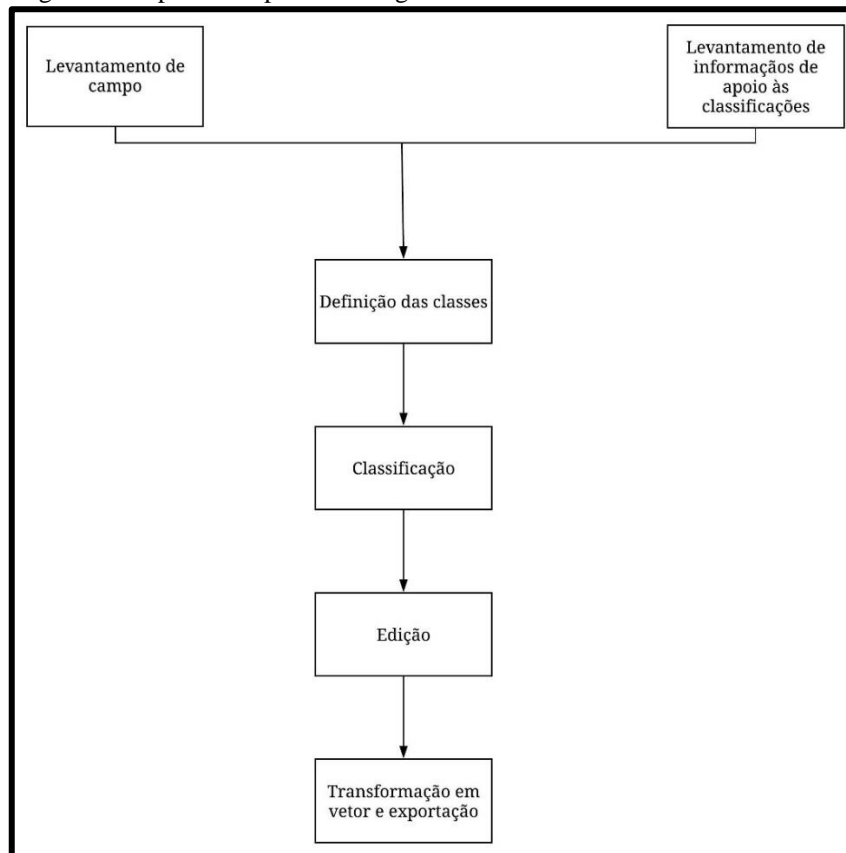
3.2.3 Classificação e Pós-classificação

Com o reconhecimento do campo, foi possível realizar o processo de mapeamento dos tipos de uso e cobertura da terra. Este procedimento é realizado a partir do processamento digital de imagens, visando à identificação, extração, condensação e realce da informação de interesse, a partir da vasta quantidade de dados que usualmente compõem as imagens digitais. A figura 6 é um esquema que demonstra uma síntese das etapas de mapeamento.

A classificação é a principal etapa do mapeamento. Nele, segundo Florenzano (2011), são utilizadas técnicas que buscam o reconhecimento automático de objetos, em função de determinado critério de decisão, agrupando em classes, os objetos que apresentam similaridade em suas respostas espectrais.

O IBGE (2013) afirma que a primeira etapa em um processo de classificação é o reconhecimento da assinatura espectral das classes. O reconhecimento da assinatura espectral é útil para reconhecer e extrair características espectrais semelhantes. De acordo com os parâmetros fornecidos ao classificador, são definidos padrões espectrais que consistem na aglutinação dessas assinaturas (por região), permitindo a produção dos mapas. Os polígonos gerados representam, assim, uma organização ou o fatiamento da imagem.

Figura 6- Etapas de mapeamento digital



Fonte: elaborado pela autora, adaptado de IBGE (2013)

No processo de produção da pesquisa, foi realizado a classificação manual (na tela do computador) das feições para identificar os usos da terra existentes no Assentamento Jacaré-Curitiba. Esse procedimento foi feito a partir da vetorização da imagem e posterior identificação visual (com auxílio da coleta de dados em campo) do uso de cada polígono gerado. Em seguida, foram analisados os diferentes classificadores possíveis de serem utilizados na imagem.

Durante consulta às bases de dados acadêmicos, verificou-se que inúmeros artigos científicos utilizaram técnicas de classificação não supervisionada e supervisionada. Assim, foram aplicadas três técnicas de classificação – não supervisionada, supervisionada interativa e supervisionada com o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MaxVer) - além da classificação realizada de forma manual, a partir da vetorização da imagem.

Após a construção das classificações e a criação das feições que representam as áreas de uso das terras, calculou-se as respectivas áreas em hectares e em seguida, com o uso do Excel foi possível a efetuação do cálculo do percentual de cada classe de uso, de acordo com a área total.

A classificação feita levou em conta nove classes de uso das terras, dentre elas a Caatinga fechada ($\geq 61\%$ recobrimento do solo $< 80\%$) (1); Caatinga aberta ($40\% \leq$ recobrimento do solo $< 60\%$) (2); Agricultura (Áreas de culturas perenes e anuais) (3); Área urbana (Edificações e áreas construídas) (4); Corpos hídricos (Lagos, represas e rios) (5); Solo exposto (Áreas degradadas e em desertificação) (6); Pastagem (Pastagens manejadas e não manejadas) (7); Sombra de nuvem (8); Nuvem (9), sendo que as duas últimas foram consideradas como uma única classe de áreas não identificadas.

Em seguida, a imagem passou pelo processo de pós-classificação. A pós-classificação é realizada sobre uma imagem já classificada, com o objetivo de uniformizar os temas, ou seja, eliminar pontos isolados, classificados diferentemente de sua vizinhança. Seu resultado é uma imagem classificada com aparência menos ruidosa (NOVO, 2008).

Dentre os softwares utilizados o principal deles foi o Quantum Gis (QGIS), na sua versão 3.4.(Sherman, 2018) A opção pela usabilidade de tal Sistema de Informação Geográfica (GIS) se deu em razão de que o QGIS é um sistema de informações geográficas de código aberto de fácil utilização, licenciado sob a Licença Pública Geral (GNU)- o QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Além do QGIS, foi utilizado outro o *software* Excel 365 para a organização dos dados alfanuméricos.

3.2.4 Validação

Com a finalização das classificações, foram obtidos diferentes mapas correspondentes a cada tipo de classificação utilizada. Esses mapas tiveram que passar por um processo de validação, para verificar a confiabilidade dos dados obtidos. Para esta etapa foram usados 70 pontos aleatórios como amostras de treinamento.

Este procedimento é feito pela matriz de confusão, que segundo Prina e Trentin (2015), é a forma de representação da qualidade obtida de uma classificação digital de imagem, sendo expressa por meio da correlação de informações dos dados de referência (compreendidos como verdadeiros) com os dados classificados. Inclusive, para Figueiredo e Vieira (2007)

A matriz de confusão é formada por um arranjo quadrado de números dispostos em linhas e colunas que expressam o número de unidades de amostras de uma categoria particular relativa – inferida por um classificador (ou regra de decisão), comparado com a categoria atual verificada no campo. Normalmente abaixo das colunas representa-se o conjunto de dados de referência que é comparado com os dados do

produto da classificação que são representados ao longo das linhas. Os elementos da diagonal principal (em negrito) indicam o nível de acerto, ou concordância, entre os dois conjuntos de dados. (p.5756)

A tabela 1 demonstra a representação da matriz de confusão:

Tabela 1- Representação da matriz de confusão

Classificação	Dados de referência			Total de linhas n_{i+}
	1	2	3	
1	X₁₁	X ₁₂	X _{1c}	X ₁₊
2	X ₂₁	X₂₂	X _{2c}	X ₂₊
c	X ₃₁	X ₃₂	X_{3c}	X _{c+}
Total nas colunas n_{+i}	X ₊₁	X ₊₂	X _{+c}	N

Fonte: Figueiredo e Vieira (2007)

A avaliação da acurácia foi obtida por meio de um coeficiente de concordância derivado da matriz de confusão. Para isso utilizamos o coeficiente *Kappa* (K) e a exatidão global, pois são técnicas eficazes na avaliação da precisão de uma classificação.

O método da Exatidão Global é calculado dividindo a soma da diagonal principal da matriz de erros x_{ii} pelo número total de amostras coletadas n , ou seja:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^C x_{ii}}{n}$$

Sendo:

G= Coeficiente de Exatidão Global;

x_{ii} = Observações na linha i e coluna i;

n = Número de observações (pontos amostrais);

Quanto ao coeficiente *Kappa*, Figueiredo e Vieira (2007) dizem que:

A análise de *Kappa* é uma técnica multivariada discreta usada na avaliação da precisão temática e utiliza todos os elementos da matriz de confusão no seu cálculo. O coeficiente *Kappa* (K) é uma medida da concordância real (indicado pelos elementos diagonais da matriz de confusão) menos a concordância por chance

(indicado pelo produto total da linha e coluna, que não inclui entradas não reconhecidas), ou seja, é uma medida do quanto a classificação está de acordo com os dados de referência. (p.5757)

Esse coeficiente pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}$$

Na fórmula, K é uma estimativa do coeficiente Kappa; x_{ii} é o valor na linha i e coluna i ; x_{i+} é a soma da linha i e x_{+i} é a soma da coluna i da matriz de confusão; n é o número total de amostras e c o número total de classes. O quadro 2, que pode ser conferida a seguir, demonstra os níveis de desempenho normalmente aceitos pela comunidade científica.

Quadro 2- Desempenho de classificação do coeficiente Kappa

ÍNDICE KAPPA	DESEMPENHO
<0	Péssimo
0 < k ≤ 0,2	Ruim
0,2 < k ≤ 0,4	Razoável
0,4 < k ≤ 0,6	Bom
0,6 < k ≤ 0,8	Muito Bom
0,8 < k ≤ 1,0	Excelente

Fonte: Figueiredo e Vieira (2007)

Para avaliação das classificações supervisionadas, foi utilizada como imagem de referência imagem original realizada na imagem Gaofen-2. Foram definidos alguns pontos aleatórios de referência para basear a análise de confiabilidade das classificações não manuais.

3.2.5 Edição e composição dos mapas temáticos

A próxima fase da metodologia foi a edição, que tem como base a análise minuciosa dos polígonos temáticos gerados pelas classificações. Os polígonos temáticos são aceitos ou reclassificados com base na experiência do intérprete de conhecimento da área.

Nesta fase ocorreram todos os procedimentos para a confecção dos mapas temáticos. Foram utilizadas ferramentas de SIG, por meio do *software* QGis como recorte e vetorização; além da elaboração do layout final dos mapas, com todas as informações necessárias para a interpretação dos mesmos (inserir coordenadas, escala, norte geográfico, legenda). O SIG também forneceu uma tabela relacionando os polígonos e seu tipo de cobertura, proporcionando obter informações de quantas classes existem em cada mapa e as suas respectivas áreas.

Após a construção das classificações e a criação das feições que representam as áreas de uso das terras, foi feito o cálculo das respectivas áreas em hectares e em seguida, com o uso do Excel, foi permitido o cálculo do percentual de cada classe de uso, de acordo com a área total.

3.2.6 Comparação das técnicas de classificação

Após a obtenção dos resultados das classificações e em posse da avaliação do índice *Kappa* e da exatidão global por intermédio da matriz de confusão, foi possível realizar a análise comparativa de ambos os resultados. A classificação que obteve maior valor de índice *Kappa* e exatidão global foi considerada a de melhor qualidade; junto à classificação manual, ela foi utilizada na etapa seguinte, de identificação dos conflitos de uso da terra nas APPs do Assentamento Jacaré-Curituba.

3.2.7 Uso da terra nas APPS

A etapa seguinte se constituiu na criação das Áreas de Preservação Permanente. Essa etapa levou em consideração a Lei 12.651/2012,- do Código Florestal, a qual estabelece as normas gerais à proteção da vegetação nativa e das Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanentes e delimita estas últimas nas áreas rurais e urbanas, de acordo com os diferentes cursos de água e especificidades dos terrenos e suas vegetações nativas: trinta metros para os cursos d'água com menos de dez metros de largura; cinquenta metros para os cursos d'água entre dez e cinquenta metros de largura; cem metros para os cursos d'água entre cinquenta e duzentos metros de largura; duzentos metros para os cursos d'água entre duzentos e seiscentos

metros de largura; quinhentos metros para os cursos d'água com largura superior a seiscentos metros.

Através do uso da ferramenta de extensão *Terrain Analysis – Hydrology* do Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado (SAGA) no QGIS foi possível criar a rede de drenagem da área de estudo. Para isso, foi necessário o download do Modelo Digital De Elevação (MDE) no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – Topodata. Logo após a geração da rede de drenagem aplicou-se um *Buffer* de acordo com a legislação do Código Florestal vigente.

Por meio da criação das Áreas de Preservação Permanente foi possível aplicar a ferramenta de Intersecção e recortar as áreas de uso das terras com as classificações realizadas a priori. Dessa forma se fez a segmentação dos diferentes tipos de uso nas APPs, sendo que as classes Caatinga aberta (1) e Caatinga fechada (2) foram consideradas áreas preservadas, a Agricultura (3), Urbano (4), Solo exposto (6) e Pastagem (7), áreas antropizadas, e por fim, Corpos hídricos (5), uma única classe denominada Corpos hídricos.

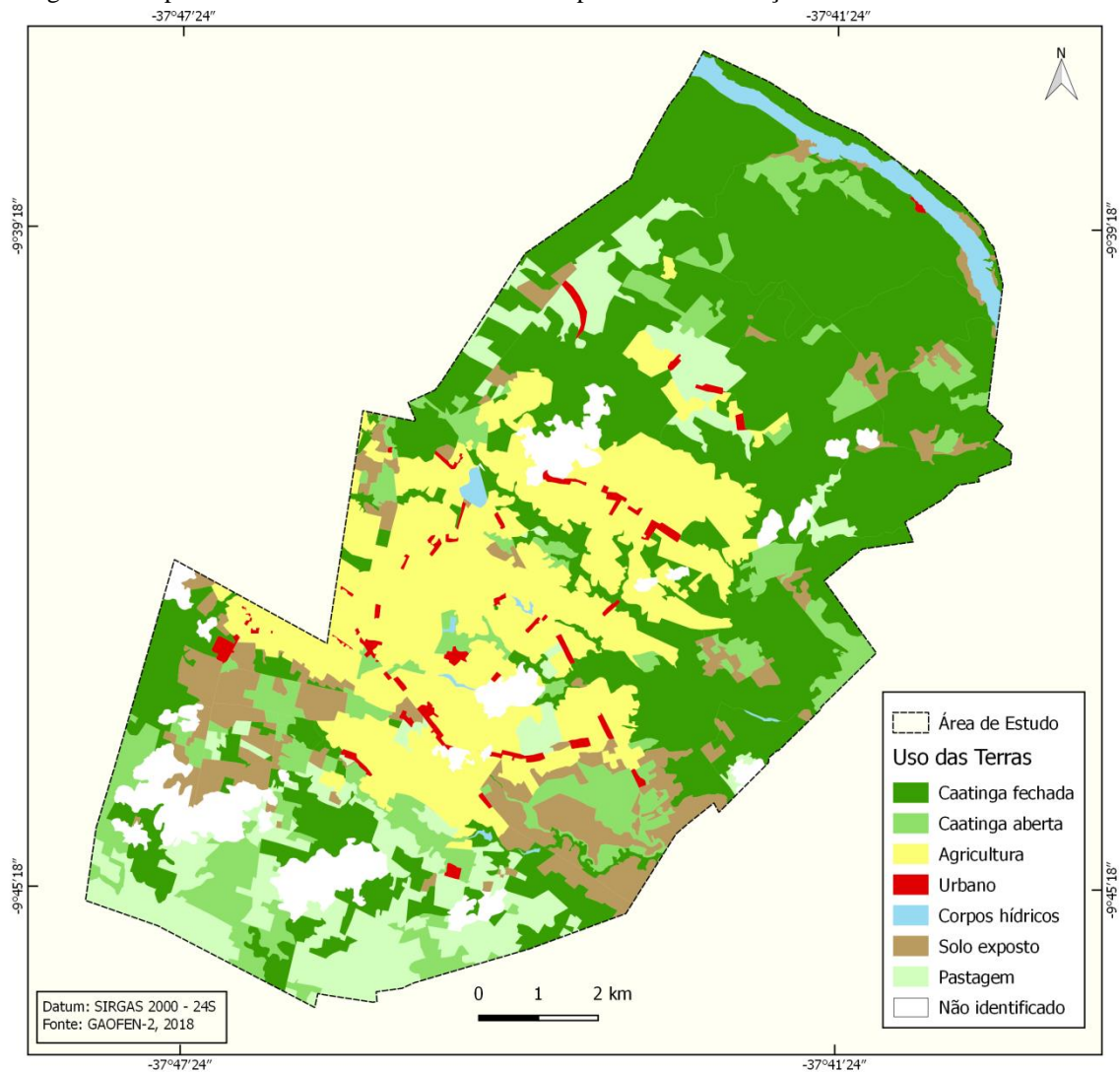
De acordo com a classificação obteve-se a estimativa das áreas preservadas, áreas antropizadas e dos corpos hídricos, conforme as classificações realizadas anteriormente. Assim obteve-se o cenário do uso da terra nas APPs, o que possibilitou observar os conflitos existentes nesses espaços, já que pela lei deveriam estar cobertas apenas por vegetação nativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Classificação Manual

Os resultados da classificação manual estão apresentados na figura 7. Foram mapeados no Assentamento Jacaré-Curituba oito classes de uso e cobertura da terra que são corpos hídricos, caatinga aberta, caatinga fechada, agricultura, pastagem, solo exposto, área urbana e não identificados.

Figura 7- Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da classificação manual.



Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

Observa-se que ao norte encontra-se o curso d'água do Rio São Francisco, é nesta região que há uma grande presença da caatinga fechada. Já na região central verifica-se forte presença das classes de agricultura, solo exposto e área urbana, enquanto que ao sul há forte predominância de caatinga aberta, pastagem e algumas áreas de solo exposto.

A tabela 2 demonstra a distribuição das classes mapeadas, pode-se observar que na classificação manual, o tipo de uso da terra com maior representatividade foi a caatinga fechada (41,2%), seguida da Agricultura (21%).

Em relação aos resultados da classificação manual, observa-se que em média 50% da área do Assentamento Jacaré-Curituba é recoberta por vegetação de caatinga, demonstrando que há regiões do assentamento com pouco grau de antropização. Júnior e Silva (2014), por exemplo, realizaram o mapeamento dos assentamentos de Apodi, RN (bioma caatinga) com

uso da imagem do satélite *Landsat 5/TM* e verificaram que em 2010 havia 69% de vegetação original, percentual superior ao encontrado no Jacaré-Curituba. Ainda sim, pode-se inferir que ele possui uma grande parcela do território preservada.

Tabela 2- Distribuição dos tipos de uso da terra mapeados na classificação manual.

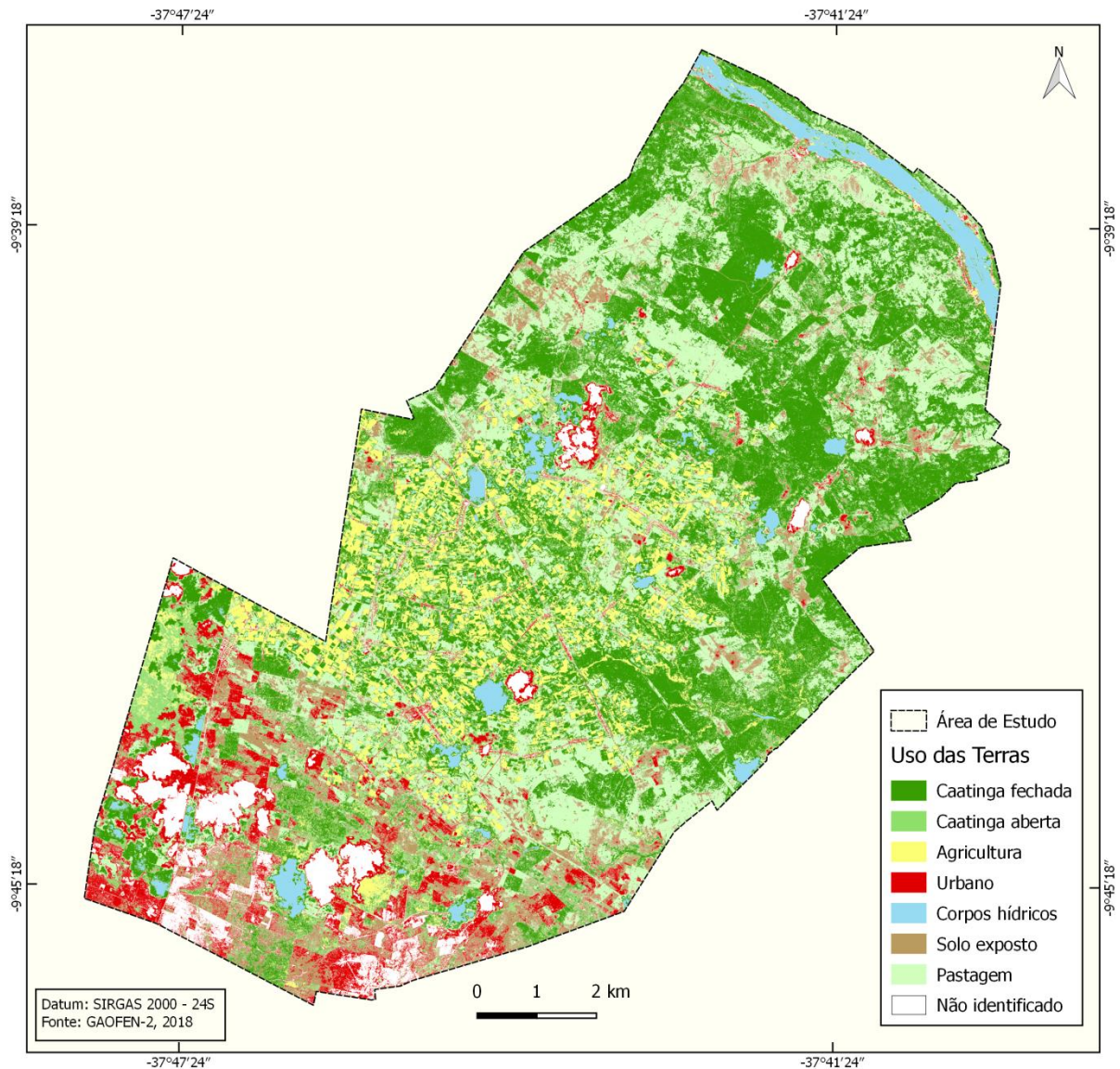
Uso	Área (ha)	%
Caatinga fechada	5449,78262	41,2%
Caatinga aberta	1371,33051	10,4%
Agricultura	2757,45076	21,0%
Área Urbana	166,90081	1,3%
Corpos hídricos	230,363	1,8%
Solo exposto	1050,958	8,0%
Pastagem	1367,38633	10,4%
Não identificado	736,81628	5,6%
Total	13130,98831	100%

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

4.2 Classificação Não Supervisionada

Na figura 8 apresenta-se o mapeamento realizado a partir da classificação não supervisionada, na qual o próprio software identifica as classes, sem participação do operador. Visualmente apresenta um padrão de que na região Norte há forte presença de caatinga fechada, pastagem e solo exposto. Na área central predomina a classe da agricultura, pastagem e corpos hídricos; e na região sul, há predominância de áreas de caatinga aberta, área urbana, pastagem e solo exposto.

Figura 8- Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da classificação Não Supervisionada



Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

A tabela 3 demonstra a distribuição dos tipos de uso e da cobertura da terra verificados a partir dessa classificação não supervisionada. É possível perceber que a classe caatinga fechada é a de maior presença na área de estudo, com 45,8%, seguida da classe pastagem (21,6%). As demais classes se apresentaram em pequenas parcelas da área de estudo.

Tabela 3- Distribuição dos tipos de uso e cobertura da terra na classificação não supervisionada

Uso	Área (ha)	%
Caatinga fechada	6015,932	45,8%
Caatinga aberta	579,5600003	4,4%
Agricultura	1065,030001	8,1%
Área Urbana	864,4199979	6,5%
Corpos hídricos	224,3760003	1,7%
Solo exposto	979,0299972	7,4%
Pastagem	2850,750007	21,6%
Não identificado	558,8899934	4,2%
Total	13137,988	100%

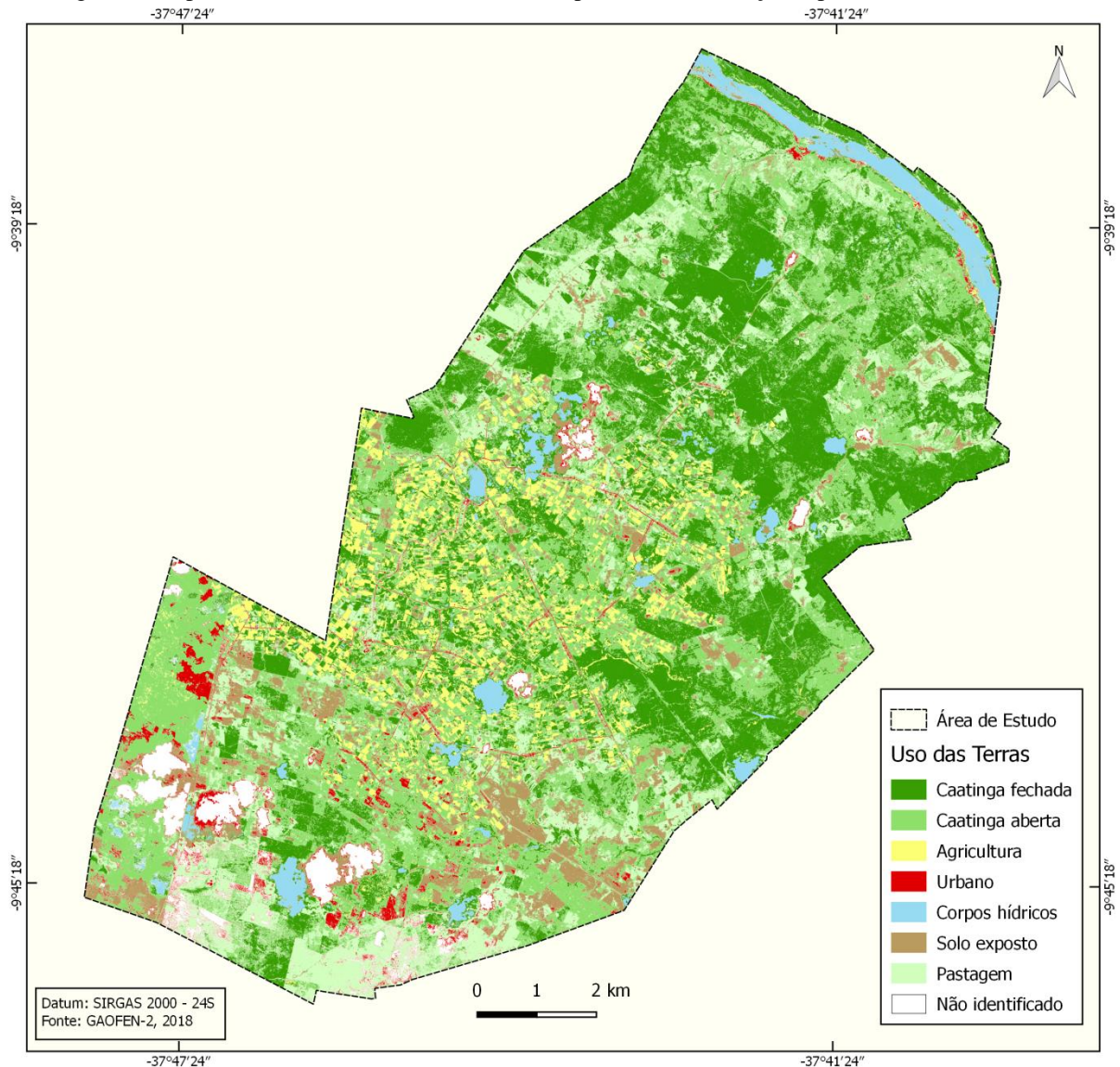
Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

Em relação à matriz de confusão da classificação não supervisionada apresentada na tabela 9 (vide apêndice A), observou-se que as classes caatinga fechada e a classe urbano apresentaram as maiores acurácia, com 80% em ambas. Após a aplicação das equações, extraiu-se o coeficiente *Kappa* de 43% e a exatidão global de 51,1%. De acordo com Figueiredo e Vieira (2007) este resultado representa uma classificação possui boa qualidade.

4.3 Classificação Supervisionada Interativa

A figura 9 apresenta o resultado da classificação supervisionada interativa, por ser uma classificação realizada pixel a pixel através das interações computacionais, existe maior detalhamento da classificação. Mesmo assim, é visível que se mantém predominância da caatinga fechada ao norte; agricultura, solo exposto, urbano ao centro; e pastagem e caatinga aberta ao sul. Observa-se que ainda permanece o mesmo padrão de uso e cobertura da terra da classificação manual.

Figura 9- Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da classificação supervisionada interativa.



Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

A tabela 4 apresenta a distribuição em área e porcentagem dos tipos de uso e cobertura da terra no Assentamento Jacaré-Curituba obtida pela classificação supervisionada interativa da imagem do satélite Gaofen-2. Pode-se observar que as classes com maior percentuais são caatinga fechada (32,9%), caatinga aberta (30,4%), pastagem (12,8%), solo exposto (8,2%) e agricultura (7%).

De acordo com a classificação supervisionada interativa, verifica-se que praticamente 60% da área do Assentamento Jacaré-Curituba é recoberta de vegetação caatinga. Este é um valor superior ao encontrado na classificação manual. De qualquer forma, porém, reafirma que o assentamento vem conseguindo manter uma faixa de vegetação preservada (tabela 4).

Tabela 4- Distribuição dos tipos de uso e cobertura da terra na classificação supervisionada interativa.

Uso	Área (ha)	%
Caatinga fechada	4313,26453	32,9%
Caatinga aberta	3980,09668	30,4%
Agricultura	913,23374	7,0%
Área Urbana	314,88094	2,4%
Corpos hídricos	420,97618	3,2%
Solo exposto	1075,167	8,2%
Pastagem	1681,79061	12,8%
Nuvem	377,84789	2,9%
Sombra de nuvem	34,47008	0,3%
Total	13111,72765	100%

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

A tabela 10 (vide apêndice B) apresenta a matriz de confusão para determinação do coeficiente *Kappa*. Nela é possível observar que as classes água e área urbana obtiveram maior acurácia e a classe caatinga aberta obteve a menor acurácia. Ao final chegou-se a uma exatidão global de 62,5% e a um coeficiente *Kappa* de 46,9%. Segundo Figueiredo e Vieira (2007), este número representa que a classificação possui boa qualidade.

É importante salientar que a imagem utilizada para a realização desta pesquisa foi capturada pelo satélite Gaofen-2 durante o período seco da caatinga, época em que naturalmente a vegetação perde suas folhas. Alguns trabalhos científicos comprovaram que existe uma diferença acentuada da resposta espectral da vegetação catingueira entre os períodos secos e chuvosos.

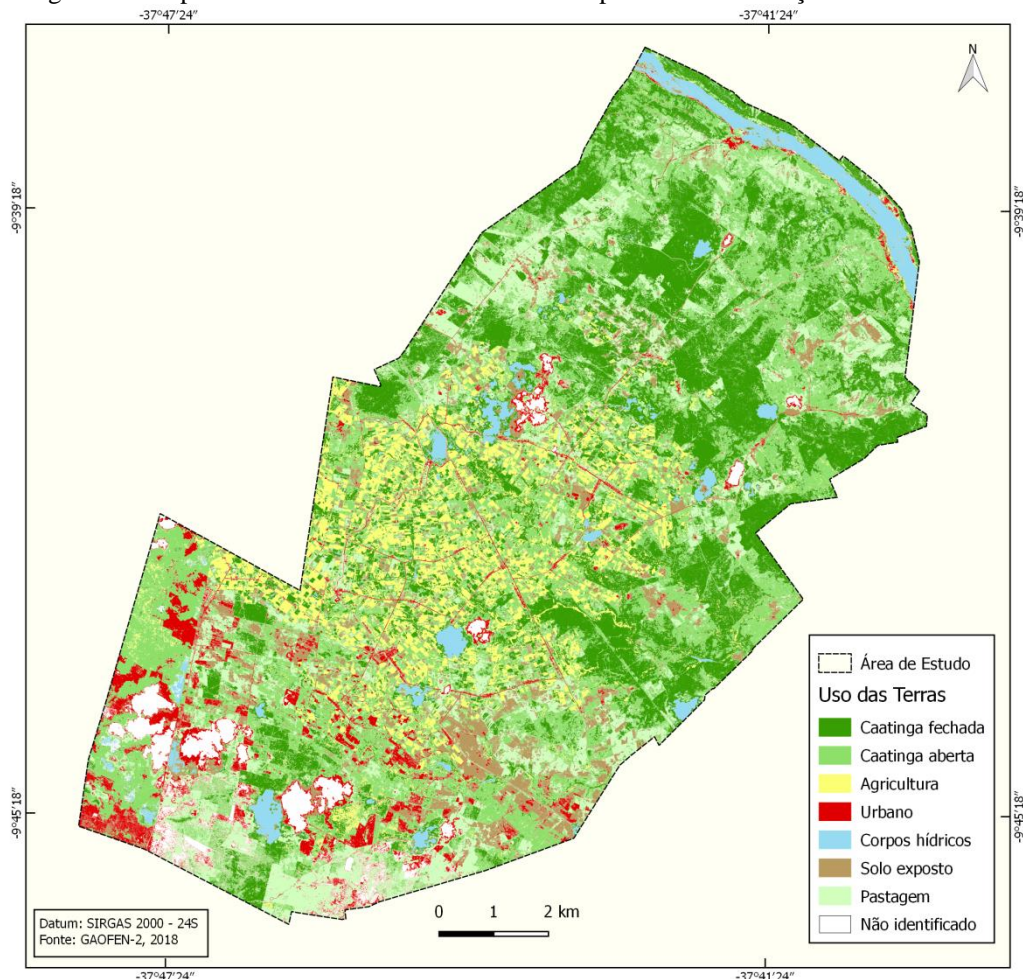
Por exemplo, Oliveira Junior (2016) ao analisar a cobertura vegetal em uma microbacia do Rio Grande do Norte, relatou valores de acréscimo de aproximadamente 56% entre a estação seca e a chuvosa, evidenciando a alta variação no percentual de cobertura da vegetação de caatinga, decorrente da mudança no regime de chuvas e variação fenológica da vegetação de característica decídua. Este fato pode explicar a causa de os valores do coeficiente *Kappa* não estarem em patamares mais elevados.

Em trabalho realizado por Zhi *et al.* (2018), utilizando imagens do Gaofen-1 e mapeando uma grande cidade na região costeira da China, os pesquisadores utilizaram o método de classificação interativa e verificaram um coeficiente *Kappa* de 71,0%, percentual superior ao observado nesta pesquisa.

4.4 Classificação MaxVer

Na classificação supervisionada com o classificador MaxVer, o algoritmo realiza uma varredura pixel a pixel para realizar a classificação, por isso, ela pode ser considerada com alto grau de detalhamento. Em relação à figura 10, ela apresenta o mapa gerado a partir da classificação MaxVer. Visualmente é possível observar um padrão parecido com as duas classificações anteriores. Ao Norte há o predomínio das classes caatinga fechada e caatinga aberta. Ao centro, da agricultura e da área urbana; e ao sul, há áreas de caatinga aberta, área urbana, pastagem e solo exposto.

Figura 10- Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da classificação MaxVer.



Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

O resultado da classificação MaxVer demonstrou que o maior percentual de uso do solo é da classe caatinga aberta (30%), seguida de caatinga fechada (28%), pastagem (12,8%) e Agricultura (9,6%) (Tabela 5).

Tabela 5 - Distribuição dos tipos de uso da terra encontrados na classificação MaxVer

Uso	Área (ha)	%
Caatinga fechada	3677,424592	28,0%
Caatinga aberta	3935,944546	30,0%
Agricultura	1262,137564	9,6%
Área Urbana	727,3674555	5,5%
Corpos hídricos	419,33916	3,2%
Solo exposto	1035,183874	7,9%
Pastagem	1673,160347	12,8%
Nuvem	352,7387228	2,7%
Sombra de nuvem	30,1992404	0,2%
Total	13113,4955	100%

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

Na tabela 11 (vide apêndice C) apresenta-se a matriz de confusão com o coeficiente *Kappa* para a classificação MaxVer. Observa-se novamente que a classe água obteve a maior acurácia (100%), seguida da classe urbano (87,5%). Ao aplicar as equações, extraiu-se exatidão global de 59,3% e *Kappa* de 52%, que de acordo com Figueiredo e Vieira (2007), representam uma classificação possui boa qualidade.

Em outro trabalho utilizando o classificador MaxVer, Sousa *et al.* (2013) observaram o *Kappa* 70,0% em uma imagem do satélite *Landsat 5* na área do município de Igatu-CE (bioma Caatinga), valor também superior ao deste estudo.

Entretanto, Silva e Santos (2011), obtiveram *Kappa* de 58,0% utilizando o método MaxVer em uma imagem do ALOS, em municípios do sertão paraibano (bioma Caatinga). Assim como Fernandes *et al.* (2015), que analisou o uso e cobertura da terra na região semiárida de Sergipe com a imagem *Landsat 8- OLI* obteve o índice *Kappa* 60,0%.

4.5 Comparação entre classificadores

Ao analisar o resultado obtido através das quatro classificações realizadas: manual, não supervisionada, supervisionada interativa e MaxVer, é possível fazer uma comparação entre elas. A tabela 6 demonstra os percentuais de cada classe encontrada em cada classificação.

Tabela 6 - Comparativo da distribuição dos usos e ocupações da Terra em cada classificador.

USO	MANUAL	NÃO SUPERVISIONADA	SUPERVISIONADA INTERATIVA	MAXVER
Caatinga fechada	42%	45,8%	32,9%	28%
Caatinga aberta	10%	4,4%	30,4%	30%
Agricultura	21%	8,1%	7,0%	10%
Área Urbana	1%	6,5%	2,4%	6%
Corpos hídricos	2%	1,7%	3,2%	3%
Solo exposto	8%	7,4%	8,2%	8%
Pastagem	10%	21,6%	12,8%	13%
Não identificado	6%	4,2%	3,3%	3%

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

A classe caatinga fechada se mostrou com grande porcentagem em todas as classificações, variando de 28% a 45%. Já quanto à classe caatinga aberta pode-se constatar a sua considerável presença na classificação supervisionada interativa (30,4%) e na MaxVer (30%), enquanto que na não supervisionada só estava presente em 4,4% da área. A presença da classe agricultura também sofreu variação: na classificação manual (21%) ela representou um valor bem maior do que na MaxVer, com apenas 10%, na supervisionada interativa (7%) e na não supervisionada (8,1%)

Por outro lado, as classes corpos hídricos, solo exposto não tiveram alterações significativas em suas áreas em todas as classificações. Já no caso da classe área urbana chama atenção o aumento de sua área na classificação MaxVer (6%) e na Não Supervisionada (6,5%) em relação às outras técnicas de classificação. Por fim, as áreas não identificadas (nuvens e sombras de nuvens) ficaram em 6% na manual e nas outras ficaram no máximo em

4,2%. Quando se compara o índice *Kappa* das classificações não supervisionada, supervisionada interativa e a MaxVer, observa-se que a classificação MaxVer apresentou uma melhor classificação (Tabela 7). Neste sentido, a classificação pelo MaxVer seria a mais adequada com o uso da imagem do satélite Gaofen-2 na área do assentamento Jacaré-Curituba.

Tabela 7- Comparação das técnicas de classificação com relação à sua confiabilidade.

	NÃO SUPERVISIONADA	SUPERVISIONADA INTERATIVA	MAXVER
<i>Kappa</i>	43%	46,90%	52,02%
Exatidão Global	53,1%	62,50%	59,30%

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

4.6 USO E COBERTURA DA TERRA NAS APPS DO ASSENTAMENTO JACARÉ-CURITUBA

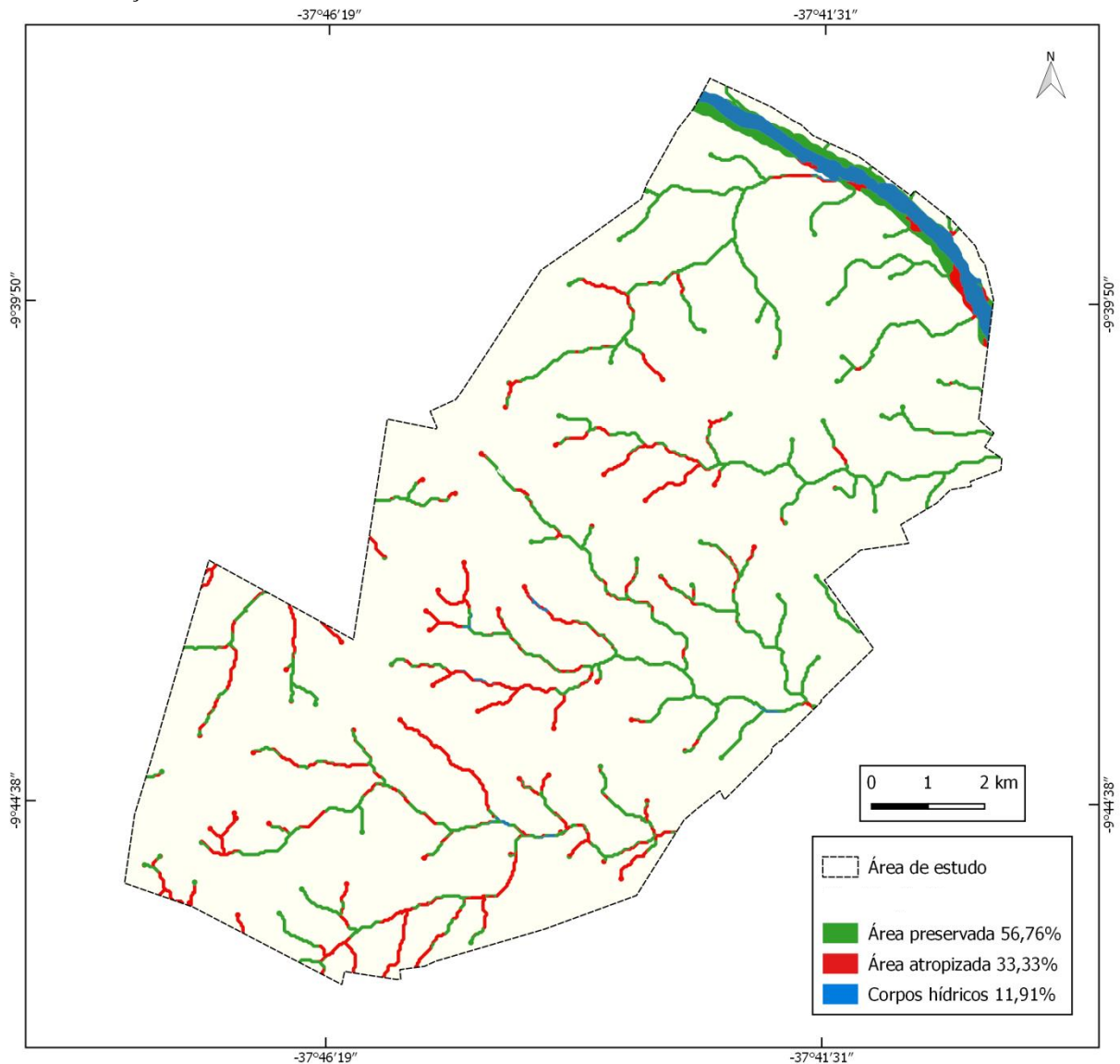
A partir dos mapas de uso e cobertura da terra apresentados anteriormente, a classificação manual (realidade) e a classificação MaxVer foram considerados de melhor qualidade para o objetivo dessa pesquisa. É fundamental lembrar que a imagem utilizada em todas as classificações é de alta resolução espacial, o que permite a visualização dos objetos na superfície terrestre com maior precisão.

O assentamento Jacaré-Curituba está em um ambiente semiárido; sabe-se que os assentamentos rurais modificam a dinâmica da paisagem, pois possuem uma série de dinâmicas agrícolas próprias, e os assentamentos são obrigados por lei a respeitarem as áreas de preservação permanente e as reservas legais. Neste sentido, o INCRA, órgão que regula os assentamentos no Brasil, deve estar atuando no sentido de orientar os produtores para que o Código Florestal seja cumprido.

Como já discutido nesse trabalho, a Lei 12651/2012 (Código Florestal) estabelece as chamadas Áreas de Preservação Permanente (APPs), espaços destinados à preservação integral dos recursos naturais presentes, nas zonas urbanas e rurais. No caso do assentamento Jacaré-Curituba, as pesquisas demonstraram a existência de dois tipos de APPs, nascentes (50 m no entorno) e cursos d'água (200 m a partir da margem do Rio São Francisco e 30 m para as outras drenagens menores).

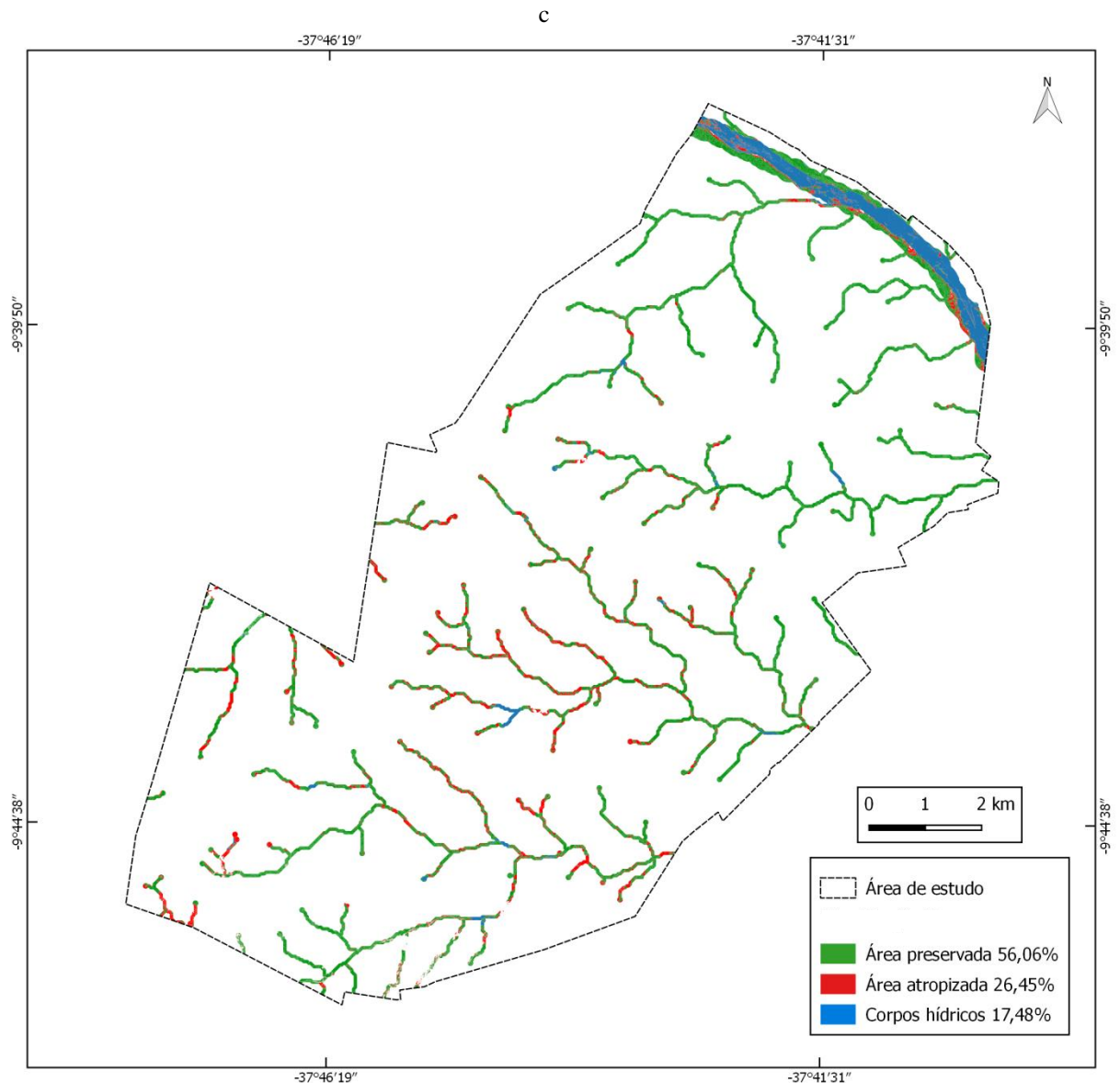
As figuras a seguir demonstram os tipos de uso e cobertura da terra encontradas nas áreas de APP do assentamento Jacaré-Curituba. A figura 11 representa a classificação manual e a figura 12 representa a classificação MaxVer. Nos dois mapas das figuras abaixo, as classes caatinga aberta e caatinga fechada foram unidas e transformadas na classe área preservada. Já as classes agricultura, área urbana, solo exposto foram unidas e classificadas em área antropizada, pois cada uma simboliza a substituição da vegetação original por uma atividade humana.

Figura 11- Mapa de uso e cobertura da Terra nas APPS do Assentamento Jacaré-Curituba através da classificação manual



Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

Figura 12- Mapa de uso e cobertura da Terra nas APPS do Assentamento Jacaré-Curituba através da classificação MaxVer



Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

Os resultados da classificação manual (Figura 11) para o uso da terra nas APPS do Jacaré-Curituba indicam que estas são hoje, ocupadas por 267 ha de agricultura, 16 ha de área urbana, 102 ha de solo exposto e 132 ha de pastagem. Sendo assim, há necessidade de revegetação de aproximadamente 519 ha que atualmente estão antropizados.

Já os resultados da classificação MaxVer (Figura 12) para o uso da terra nas APPS do Jacaré-Curituba apontam que estas, atualmente, são ocupadas por 84 ha de agricultura, 49 ha de área urbana, 70 ha de solo exposto e 112 ha de pastagem. Sendo assim, há necessidade de revegetação de cerca de 316 ha, que atualmente estão antropizadas.

Então, com base nos resultados visualizados nos mapas acima e na tabela 8 que demonstra o comparativo dos dois métodos de classificação, pode-se inferir que cerca de 30% da área das APPs estão antropizadas e carecem de uma intervenção que objetive recompor a vegetação nativa.

Algumas iniciativas já vêm sendo realizadas no sentido de reverter a degradação nas áreas antropizadas, como o projeto Opará: Águas do São Francisco, financiado pela Petrobras que tem como uma das finalidades promover ações de sustentabilidade com plantio e técnicas que garantam a proteção do ecossistema e a biodiversidade do rio São Francisco a partir da recuperação de áreas degradadas na região, especialmente nas APPs. Para isso, o projeto vem realizando o plantio de mudas nativas da caatinga; em Setembro de 2019, por exemplo, já haviam sido plantadas 23 mil mudas de espécies como angico, mulungu, aroeira-do-sertão, catingueira e umbuzeiro. (OPARÁ, 2019)

Tabela 8- Comparação da porcentagem de cada classe do uso da terra nos dois métodos de classificação.

	MANUAL	MAXVER
VEGETAÇÃO (%)	54,76	56,06
ANTROPIZADA (%)	33,33	26,45
ÁGUA (%)	11,91	17,48
TOTAL (%)	100	100

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

Santos (2015) destaca que a gestão deste território é realizada pela CODEVASF, no perímetro irrigado, e pelo Incra, no assentamento. Como ambos gerenciam parcelas iguais do território, esse fato pode acabar gerando dificuldades de gestão, afinal, são órgãos distintos e que possuem operacionalizações diferenciadas.

É fundamental que ambos os órgãos promovam ações de revegetação das Áreas de Preservação Permanente, com o plantio de espécies nativas. Além disso, é preciso orientar os produtores rurais em práticas sustentáveis de manejo do solo e ações de educação ambiental para conscientizar a população sobre a importância e necessidade de preservação da mata ciliar, visando assim, manter a disponibilidade hídrica para os próximos anos.

Assim é imprescindível citar que o município de Canindé do São Francisco possui a Lei 33/2013 que instituiu o fundo municipal para o pagamento por serviços ambientais. Este

fundo tem como objetivo assegurar recursos financeiros para desenvolver o Projeto de Conservação das Águas (Lei 2.100/2005). A lei estabelece que os valores provenientes de cobrança de taxas ou imposição de práticas pecuniárias, na forma da legislação ambiental, devem ser destinados ao fundo (Canindé do São Francisco (SE), 2013). Nota-se aí um instrumento econômico importante para a recuperação ambiental do Assentamento Jacaré-Curituba.

5 CONCLUSÕES

A imagem do satélite Gaofen-2 demonstrou ser adequada para realização de levantamentos de uso e cobertura da terra na região semiárida. Portanto, ele se torna boa opção, apesar do custo elevado, para ser utilizada nos mais variados estudos ambientais em outros assentamentos rurais que estejam localizados em regiões semiáridas.

Entre os classificadores MaxVer, supervisionado interativo e não supervisionado, utilizados no mapeamento do uso e cobertura da terra, o primeiro apresentou maior coeficiente *Kappa*, e, portanto, melhor qualidade

Os resultados de uso e cobertura da terra evidenciaram que pelo menos metade da área do assentamento está preservada.

Em relação às Áreas de Preservação Permanente observou-se que os usos e cobertura da terra que estão em conflito com o código florestal foram agricultura, pastagem, solo exposto ou área urbana, correspondendo a 30%.

Portanto, verificou-se que a presença do assentamento não permitiu a preservação nem a recuperação de todas as áreas não vegetadas das APPs. Diante disto, os poderes públicos dos municípios de Canindé do São Francisco e Poço Redondo, a Secretaria de Meio Ambiente do estado de Sergipe e os órgãos gestores desse território como a CODEVASF, e principalmente o INCRA, devem planejar medidas para reverter o cenário.

Sugere-se, então, que sejam planejadas e realizadas ações de revegetação nas áreas degradadas, e de educação ambiental, voltadas à conscientização e orientação dos produtores rurais sobre o manejo sustentável do solo, além da produção de estudos de viabilidade para o estabelecimento de pagamentos por serviços ambientais aos assentados com o intuito de assegurar a conservação das áreas de vegetação nativa e a restauração das APPs sem cobertura florestal.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R.W. *et al.* Metodologia de classificação em imagens de satélite de diferentes sensores e com uma única composição colorida para identificação de mudanças de uso do solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5, Curitiba, 2011. **Anais...** Curitiba: INPE 2011, p.6858.
- ANDERSON, J. R. *et al.* **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos.** Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 78 p.
- ALMEIDA FILHO, N. O.; HAYAKAWA, E.H. ; PRADO, B. R. . Mapeamento da cobertura da terra no município de Alfenas-MG utilizando imagens do satélite RapidEye. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE, 2013. p. 1502-1508.
- ALMEIDA, R, N.; SOARES, M. J.; PEDROTTI, A. Políticas públicas: desafios para a sustentabilidade no meio rural. . In: BITENCOURT, D.V.; ALMEIDA, R.N.; OMENA, M.L.R.A.(Org.). **Perspectivas da sustentabilidade.** São Cristóvão: Editora UFS, 2012.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. **Caderno de Ciências da Terra.** São Paulo: USP/IG, nº 13, p. 1-27, 1972.
- BITENCOURT, D. P., *et al.* Análise multitemporal do desmatamento nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo, SE. **Geosul**, Florianópolis, v. 32, n. 63, p 117-137, jan./abr. 2017.
- CODEVASF, Perímetros Irrigados: Jacaré-Curitiba, 2011.
- BRASIL. **Lei Federal no 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa;** altera as Leis no. 6.938 de 31 de agosto de 1981, no 9.393 de 19 de dezembro de 1996, e no 11.428 de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771 de 15 de setembro de 1965 e no 7.754 de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67 de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, seção 1, p. 1. Brasília, mai. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 02 jan. 2020.
- BRUNDTLAND, G. H. (Org.) **Nosso futuro comum.** Rio de Janeiro: FGV, 1987.
- CÂMARA, G. *et al.* Análise Espacial e Geoprocessamento. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília, EMBRAPA, 2004.
- CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO (SE). **Lei Municipal no 33/2013 de 13 de Novembro de 2013.** Institui o fundo municipal para pagamentos por serviços ambientais e dá outras providências. Diário oficial do Município. Canindé do São Francisco, nov. 2013. Disponível em: <<http://www.caninde.se.gov.br/Leis/2013/33.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2020.
- CODEVASF. COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA. **Perímetro irrigado da CODEVASF garante renda e alimentos para o**

alto sertão. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/noticias/2007/perimetro-irrigado-da-codevasf-garante-renda-e-alimentos-para-o-alto-sertao/?searchterm=per%C3%ADmetro%20irrigado>>. Acesso em: 01 Ago. 2018

CNUMAD. CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21.** 1992. Disponível em: <<http://www.ecolnews.com.br/agenda21/>> Acesso em: 01 jan. 2019.

CUNHA, B. G. **Planejamento espacial integrado como subsídio para a promoção da multifuncionalidade em assentamentos rurais.** 2018. 171 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2018.

FEIL; A. A.; SCHEREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cad. EBAPE.BR**, v. 14, nº 3, Artigo 7, Rio de Janeiro, Jul./Set. 2017.

FERNANDES, M. R. *et al.* Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Revista Floresta e Ambiente.** Seropédica, vol.22, n. 4, 2015.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C.A.O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis, SC, Brasil. **Anais...** Florianópolis: INPE/SELPER Brasil, 2007, p. 5755 – 5762.

FILHO, M. C. A.; MENESES, P.R.; SANO, E. Sistema de classificação de uso e cobertura da Terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia.** n 59/02, Agosto, 2007. (ISSN 1808-0936)

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GALLEGO, F. J. **Remote sensing and land cover area estimation.** International Journal of Remote Sensing, v.25, p.3019-3047, 2004.

HEYMANN, Y. **Corine land cover technical guide.** Colaboração de Chris Steenmans, Guy Croisille e Michel Bossard. Luxembourg: Statistical Office of the European Communities - Eurostat, 1994. 136 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra.** 3ªed. Rio de Janeiro, 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Introdução ao processamento digital de imagens.** Primeira divisão de geociências do Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Projeto levantamento e classificação do uso da terra.** Rio de Janeiro; 2011. Disponível em:

<http://geofitp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/usoterra_se.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2018.

JESUS; T. M.; POELKING, E. L.; COUTINHO, J. C. **Mapeamento do uso e cobertura do solo utilizando imagens do sensor Rapideye na APA do Pratigi – BA.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18, Santos, 2017. **Anais...** Santos, SP: INPE, 2017. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/sid.inpe.br/marte2/2017/09.25.14.55/capa.htm>>. Acesso em: 28 dez. 2018.

JÚNIOR, R. M. L.; SILVA, S. M. P. **Mapeamento da cobertura da terra através de imagens LANDSAT 5/TM em assentamentos rurais do município de Apodi/RN, para fins de estudos de ocupação e transformação do território.** Sociedade e Território, Natal, v. 26, nº 2, p. 1 -17, jul./dez. 2014.

KELLER, E. C. S. Mapeamento da utilização da terra. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro: IBGE, v. 31, n.3, p. 151-160, jul./set. 1969. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/detalhes.php?id=7115>>. Acesso em: 01 jan. 2019.

LANG, S. BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto.** Campo Grande: E. UNIDERP, 2006.

LEITE, M. E; SANTOS, I. S.; ALMEIDA, J. W. L. Mudança de Uso do Solo na Bacia do Rio Vieira, em Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 4, 2011, 779-792.

MARQUES, A. C. N.; COSTA, P. R. S. M. "É hora de levantar acampamento!": Territorialidades da luta pela terra no Assentamento Jacaré-Curituba, sertão sergipano. In: **Mulheres do campo: Identidades, políticas públicas e gênero.** COSTA, P. R. S. M.; MARQUES, A. C. N. (Orgs.) Aracaju: Criação, 2016. 150p. ISBN 978-85-8413-088-7.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 4ª ed. Viçosa: Ed. UFS, 2011.

MORGADO, P. **Uso e cobertura do solo. Atlas digital da área metropolitana de Lisboa,** 2016. Disponível em: <<https://www.aml.pt/index.php>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 3ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, R. **Modelagem espacial dos atributos do solo sob diferentes ocupações em uma microbacia perene de vertente do semiárido.** 2016. 102 p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2016.

OMENA, M. L. R. A. Diálogo introdutório sobre sustentabilidade no Brasil. In: BITENCOURT, D. V.; ALMEIDA, R. N.; OMENA, M. L. R. A. (Org.). **Perspectivas da sustentabilidade.** São Cristóvão: Editora UFS, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e o Meio Ambiente**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 19/10/2019.

OPARÁ. **Projeto preserva recursos florestais da Caatinga**. 26 de Set. de 2019. Disponível em: <<http://opara.org.br/2019/09/26/projeto-preserva-recursos-florestais-da-caatinga/>>. Acesso em: 12 jan. 2020.

PRINA, B. Z; TRENTIN, R. G. M. C: Geração de matriz de confusão a partir de uma classificação digital de imagem do ArcGis. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., João Pessoa, 2015. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JJLLP2>>. Acesso em: 03 jan. 2018.

ROSA, R.. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: EDUFU, 2009.

ROSA, R. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: UFU, 2013.

ROSS, J. L. S. Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: USP, v. 9, p. 65-75, 2007.

RUIZ-ESPARZA, D. P. B. **Análise multitemporal do desmatamento no Baixo Rio São Francisco e diagnóstico de seus efeitos sobre as populações *Callicebus***. Dissertação (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE: UFS, 2014.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, S.J.S. **Salinização do solo: problemática socioambiental do Perímetro Irrigado Jacaré-Curitiba - SE**. 2015. 147 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)- Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

SHERMAN, Gary. **QGIS: Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto**. Versão 3.4. [S. l.], 26 out. 2018. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 19 dez. 2019.

SILVA, F. F. DA.; SANTOS, J. R. DOS. Imagens ALOS/PALSAR na classificação da cobertura vegetal da região semiárida brasileira. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, 11.

SOUSA, B. F. S.; TEIXEIRA, A. DOS S.; SILVA, F. DE A. T. F. DA; ANDRADE, E. M. DE; BRAGA, A. P. DE S. Avaliação de classificadores baseados em aprendizado de máquina para a classificação do uso e cobertura da terra no bioma caatinga. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, 14 fev. 2013.

VANZELA, L. S. **Planejamento integrado dos recursos hídricos na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis - SP.** 2008. 213 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2008.

ZHI, L. *et al.* Extração e análise de paisagem urbana na megacidade das regiões costeiras da China usando imagens de satélite de alta resolução: Um caso de Xangai, China. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 72, out 2018, p. 140-150.

APÊNDICE A – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA

Tabela 9-Matriz de confusão da classificação Não Supervisionada.

Imagem classificada	Imagem Referência							Soma	Acurácia	Acurácia
	Caatinga Fechada	Caatinga Aberta	Agricultura	Urbano	Água	Solo	Pastagem		Usuário	Produtor
Caatinga Fechada	8	2	0	0	0	0	0	10	80,00	40,00
Caatinga Aberta	4	3	0	2	0	0	1	10	30,00	50,00
Agricultura	4	1	2	0	0	1	2	10	20,00	100,00
Urbano	1	0	0	8	0	0	1	10	80,00	61,54
Água	2	0	0	0	7	0	1	10	70,00	100,00
Solo	0	0	0	1	0	1	8	10	10,00	25,00
Pastagem	1	0	0	2	0	2	5	10	50,00	27,78
Soma	20	6	2	13	7	4	18	70		
Kappa	43%	Exatidão global	53,1%							

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

APÊNDICE B – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA INTERATIVA

Tabela 10- Matriz de confusão da classificação supervisionada interativa.

Imagem classificada	Imagem referência								Acurácia do usuário	Acurácia produtor
	Caatinga Fechada	Caatinga Aberta	Agricultura	Urbano	Água	Solo	Pastagem	Soma		
Caatinga Fechada	5	4	1	0	0	0	0	10	50,00	62,50
Caatinga Aberta	1	8	0	0	0	1	0	10	80,00	29,63
Agricultura	1	6	2	0	0	1	0	10	20,00	50,00
Urbano	0	0	1	7	0	0	2	10	70,00	100,00
Água	0	0	0	0	9	1	0	10	90,00	100,00
Solo	0	5	0	0	0	2	3	10	20,00	33,33
Pastagem	1	4	0	0	0	1	4	10	40,00	44,44
Soma	8	27	4	7	9	6	9	70	-	-
Kappa	46,90%	Exatidão global	62,50%							

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.

APÊNDICE C – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO MAXVER

Tabela 11 - Matriz de confusão da classificação MaxVer.

Imagem classificada	Imagem referência							Soma	Acurácia do usuário	Acurácia produtor
	Caatinga Fechada	Caatinga Aberta	Agricultura	Urbano	Água	Solo	Pastagem			
Caatinga Fechada	5	4	1	0	0	0	0	10	50,00	62,50
Caatinga Aberta	1	7	0	1	0	1	0	10	70,00	35,00
Agricultura	1	3	5	0	0	1	0	10	50,00	71,43
Urbano	0	0	1	7	0	0	2	10	70,00	87,50
Água	0	0	0	0	9	1	0	10	90,00	100,00
Solo	0	5	0	0	0	2	3	10	20,00	25,00
Pastagem	1	1	0	0	0	3	5	10	50,00	50,00
Soma	8	20	7	8	9	8	10	70	-	-
Kappa	52,05%	Exatidão global	59,3%							

Fonte: Elaborado a partir de dados obtidos nesta pesquisa, 2020.